
NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06274724 5









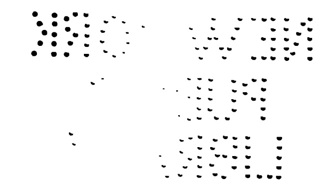


ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXXX.



ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

ACHTZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT SECHS UND FUNFZIGSTER.

NEBST SECHS KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1850.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

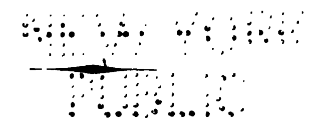
CHEMIE.

DRITTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.



ZWANZIGSTER BAND

NEBST SECHS KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1850.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

I n h a l t

des Bandes LXXX der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Drittes Stück.

Viertes Stück.

(*Geschlossen am* 29. *September* 1850.)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Berichtigungen.

Zum Aufsatz von Henrici, Heft V.

S. 167 Zeile 9 v. u. »und« soll heifsen »um«
S. 168 Zeile 14 v. o. »und« soll heifsen »um«
S. 169 Zeile 6 v. u. »den« mufs wegfallen
S. 170 Zeile 22 v. o. »Unregelmäfsigkeit« s. h. »Ungleichmäfsigkeit«
S. 172 Zeile 7 v. u. »zerstört« soll heifsen »gestört«.

Zum Aufsatz von Dub, Heft VIII.

S. 495 ist der Hinweis auf die Abbildung des Apparats, Fig. 5. Taf. V. vergessen.

1850. ANNALEN №. 5.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXX.

I. *Ueber die Bewegung der Flüssigkeiten;*
von G. Magnus[1]).

1. Wiewohl das Gebiet der Physik durch die experimentellen Untersuchungen, welche von den verschiedensten Seiten unternommen werden, sich täglich erweitert, so ist doch das, was wir bis jetzt von der Bewegung der Flüssigkeiten wissen, noch sehr mangelhaft und es fehlt fast ganz an Untersuchungen, die dazu dienen könnten, unsere Kenntnifs von diesen Erscheinungen zu erweitern. Offenbar hat diefs seinen Grund nicht darin, dafs es an Interesse für dieselben fehlt, denn was kann interessanter seyn, als die Gesetze der Bewegung von einer Substanz kennen zu lernen, die wie das Wasser uns täglich umgiebt, sondern die Schwierigkeiten, welche bei diesen Untersuchungen überwunden werden müssen, lassen kein günstiges Resultat erwarten. Diese Schwierigkeiten liegen theils in der Gröfse der erforderlichen Apparate und der Unannehmlichkeit mit grofsen Flüssigkeitsmassen zu operiren, vorzüglich aber in dem gänzlichen Mangel der Methode um dergleichen Beobachtungen anzustellen oder gar Messungen auszuführen. Vielleicht dürften solche Rücksichten den folgenden Versuchen eine günstigere Beurtheilung verschaffen.

2. So viel ich weifs war Venturi der Erste, welcher behauptet hat, dafs bei der Bewegung von Flüssigkeiten eine seitliche Mittheilung dieser Bewegung stattfindet, wenigstens ist er als derjenige zu betrachten, der sich bemühte durch Versuche diese Ansicht zu begründen, die seitdem vielfach Eingang gefunden hat. Zwei Versuche sind es, die

1) Aus den Schriften der k. Acad. der Wissenschaften für 1848.

er gleich im Anfange seiner Schrift „*Recherches expérimentales sur le principe de la communication latérale du mouvement dans les fluides*“ als die eigentlichen Stützen seiner Ansicht anführt. Er behauptet nämlich, dafs wenn man einem, aus einem Gefäfse ausfliefsenden Wasserstrahle, einen sehr beweglichen Körper nähert, dieser von der Luft, welche mit dem Strahle fortströmt, mit fortgetrieben werde. Ich habe diesen Versuch unter verschiedenen Umständen wiederholt, bin aber zu andern Resultaten als Venturi gelangt.

3. Bekanntlich zeigt sich ein Wasserstrahl von da, wo er die Oeffnung des Gefäfses verläfst, bis zum Maximum seiner Contraction als eine feste zusammenhängende Masse, sodann bildet er mehrere auf einander folgende Anschwellungen, und darauf trennt er sich in einzelne Massen. Das empfindlichste Mittel, was man anwenden kann, um zu sehen, ob die Luft von einem solchen Strahle mit fortgerissen werde, ist offenbar eine Lichtflamme. Allein wie nahe ich auch dieselbe dem Strahle bringen mochte, so konnte ich bei dem Theile desselben, der noch vollkommen durchsichtig ist, keine Bewegung, selbst nicht ihrer Spitze beobachten. Erst bei der zweiten oder dritten Anschwellung begann dieselbe, und ward stärker, wenn die Flamme neben den unteren, sich schon trennenden Theil des Strahls gebracht wurde, wo sie sich heftig bewegte, aber auch gewöhnlich bald erlosch, indem einzelne Wassertheilchen auf den Docht geschleudert wurden. Diefs ist der Vorgang, wenn der Strahl sich ruhig bewegt. Schwankt derselbe aber, was häufig der Fall ist, dann ist die Flamme überhaupt unruhiger, und wird schon an einer früheren Stelle mit fortbewegt.

Würde die Luft in Folge der Adhäsion von dem Wasser mit fortgerissen, so müfste diese Wirkung da, wo die Geschwindigkeit des Strahls am gröfsten ist, auch am stärksten seyn. Da diefs nicht der Fall ist, da andererseits die Beugung der Flamme mit der schwankenden Bewegung des Strahls zunimmt, so ist Grund zu vermuthen, dafs wenn alle Schwankungen des Strahls fortfallen (was indefs viel-

leicht gar nicht zu erreichen möglich ist), dafs alsdann gar keine Beugung der Flamme mehr statt hat.

4. Der andere Versuch, auf welchen Venturi seine Ansicht stützt, ist folgender: Eine cylindrische Röhre *AC* geht horizontal in einen Kasten *BEFD* Fig. 1. Tafel I., der bis *DB* mit Wasser angefüllt ist. Ihr gegenüber, ein wenig von ihrem Ende *C* entfernt, ist ein kleiner rechtwinkliger Kanal von Blech *SMBR* angebracht, dessen oberer Theil *SR* offen ist, und dessen Boden *MB* auf dem Rande des Kastens *B* ruht, so dafs er also von *M* nach *B* steigt. Läfst man nun Wasser durch die Röhre *AC* in den Kasten mit einiger Geschwindigkeit einströmen, so steigt der Wasserstrom den kleinen Kanal *MB* hinan und ergiefst sich aus dem Kasten durch den Strahl *V*. Zugleich entsteht in dem Wasser des Kastens *BDEF* eine Bewegung, dasselbe tritt in den Kanal *SR*, und geht mit dem Srahle *AC* fort, so dafs seine Oberfläche in wenig Sekunden bis nach *MH*, dem unteren Rande des Kanals, sinkt.

5. Vor einiger Zeit hat der Prof. v. Feilitzsch eine sinnreiche Abänderung dieses Versuchs veröffentlicht [1]). Er benutzt dazu ein Blechgefäfs *EDFG* Fig. 2. Tafel I., das in der Mitte seiner Länge eine Scheidewand *HI* hat. In derselben ist möglichst nahe dem Boden eine cylindrische Röhre *ABC* aus Blech von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und 8 Zoll Länge befestigt, die an beiden Enden offen ist. Innerhalb dieser Röhre in der Nähe der einen Oeffnung *BC* mündet die verticale Ausflufsöffnung *a* eines horizontalen, nach vorn sich verengenden Fortsatzes *ab* von einem senkrechten, 6 Fufs langen Rohre *bh*, welches oben mit einem Wasserbehälter verbunden ist. Die beiden Abtheilungen des Gefäfses stehen nur durch die Röhre *ABC* mit einander in Verbindung. Wurden sie bis zu dem bei *K* angebrachten Abflufs mit Wasser gefüllt, so war im Zustande der Ruhe die Oberfläche des Wassers in beiden in derselben Horizontalebene. Flofs jedoch durch die Oeffnung *a* Wasser

1) Pogg. Ann. Bd. LXIII. S. 216.

in das Gefäfs, so begann das Niveau in der Abtheilung *FGHI* zu sinken.

6. Bei Wiederholung dieses Versuchs bemerkte ich, dafs das Wasser unter geeigneten Umständen bis zu der communicirenden Röhre *ABC* sank, und dafs zuweilen sogar Luft mit dem Wasser durch dieselbe geführt wurde. Dadurch kam ich auf den Gedanken, dafs es möglich seyn müsse, das Ausfliefsen von Wasser aus einem Gefäfse mit ziemlich weiter Oeffnung dadurch gänzlich zu verhindern, dafs man einen Wasserstrahl, dessen Durchmesser viel geringer als der der Oeffnung des Gefäfses ist, gegen das in dieser Oeffnung befindliche Wasser strömen läfst.

Diefs hat sich auch vollkommen bestätigt. Ich will zunächst beschreiben, wie ich den Versuch angestellt habe.

7. Aus einem Gefäfse, das beständig mit Wasser voll erhalten wurde, ging eine 7 Fufs lange Röhre senkrecht hinab; dieselbe war an ihrem unteren Ende rechtwinklich gebogen, so dafs sie einen horizontalen Wasserstrahl lieferte. Dieser strömte in ein Gefäfs *A*, Fig. 3, das etwa 8 Zoll weit und 10 Zoll hoch war, und nahe am Boden eine seitliche Oeffnung hatte, in der eine Glasröhre *de* horizontal befestigt wurde.

Die Röhre war selten kürzer als 6 Zoll, und das Gefäfs *A* war gewöhnlich so aufgestellt, dafs die vordere Oeffnung derselben *e* auch etwa 6 Zoll von der Ausflufsöffnung *f* entfernt war.

Bei einem Durchmesser der Oeffnung *f* von 3^{mm}, und einem Durchmesser der Röhre *de* von 12^{mm}, also bei einem Verhältnisse der Durchmesser von 1 : 4, stieg das Wasser in *A* bis zur Höhe von 250^{mm} oder etwa 10 Zoll ohne dafs auch nur ein Tropfen Wasser bei *e* ausflofs. War der Durchmesser von *de* gröfser, so begann ein Theil des Wassers schon auszufliefsen, bevor der Stand desselben in dem Gefäfse *A* jene Höhe erreicht hatte, und zwar um so mehr, je weiter *de* war. Es versteht sich jedoch von selbst, dafs die erwähnten Zahlen sich nur auf die angeführte Druckhöhe beziehen. Sie sind erhalten, während der Strahl aus

einer Oeffnung in einer dünnen Wand hervorging. Ist diefs nicht der Fall, so ändern sich die Verhältnisse.

Während des Versuchs findet ein gewaltiges Schäumen in der Röhre *de* statt. Da die Flüssigkeit in *A* durch das eintretende Wasser unvermeidlich in Schwankungen geräth, so thut man gut diese Röhre *de* nicht zu kurz zu wählen. Es ist dabei ziemlich gleichgültig ob dieselbe etwas mehr oder weniger von der Ausflufsöffnung *f* des Wasserstrahls entfernt ist.

Ich habe es mir nicht zur Aufgabe gestellt zu untersuchen, wie das Verhältnifs der Ausflufsöffnung und der Röhre gewählt werden mufs, um das Maximum der Höhe in *A* zu erhalten, ohne dafs Wasser ausfliefst; allein es scheint mir, dafs dieses Verhältnifs nicht constant ist, und dafs bei zunehmender Weite der Ausflufsöffnung der Durchmesser der Röhre nicht in demselben, sondern in einem geringeren Verhältnisse zunehmen mufs. Wahrscheinlich hat diefs seinen Grund in der heftigeren Bewegung, in welche die Flüssigkeit in *A* bei Anwendung eines stärkeren Wasserstrahls geräht.

8. Der Versuch wurde so abgeändert, dafs ein verticaler Wasserstrahl von unten in ein Gefäfs eintrat, das in seinem Boden eine Oeffnung hatte, in der sich eine verticale Röhre befand. Wenn aber hierbei kein Wasser abfliefsen sollte, so mufste das Verhältnifs der Durchmesser der Ausflufsöffnung und der Röhre viel geringer, etwa das von 1 zu 2 seyn; ohne Zweifel deshalb, weil die Bewegung der Flüssigkeit hier von einem noch störenderen Einflufs ist, als bei den Versuchen mit der horizontalen Röhre.

9. Es schliefsen sich diese Erscheinungen unmittelbar an diejenigen, welche durch die vortrefflichen Untersuchungen von Felix Savart über das Verhalten eines Wasserstrahls, der gegen eine feste Ebene strömt [1]), bekannt sind. Durch dieselben kennt man auch den Vorgang, welcher stattfindet, wenn zwei Wasserstrahlen von entgegen-

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. II. Tom. LIII. p.* 337.

gesetzter Richtung einander treffen [1]). Ich habe diese schönen Versuche wiederholt. Wenn zwei Strahlen von gleichem Durchmesser und von gleichem Drucke einander so treffen, dafs sie eine gemeinschaftliche Tangente haben, so bewegt sich das Wasser in einer Ebene, welche senkrecht gegen diese Tangente ist, und bildet eine fast kreisrunde durchsichtige Scheibe, Fig. 4. Taf. I., die von einem durchsichtigen Rande concentrisch umgeben ist, welcher letztere offenbar dadurch entsteht, dafs das Wasser zu einzelnen getrennten Massen sich zusammenzieht, die radial nach allen Richtungen fortgeschleudert werden.

Sind die Axen der beiden Strahlen, oder die Tangenten in dem Punkte, wo beide zusammentreffen, zwar parallel, fallen sie aber nicht in dieselbe gerade Linie, indem z. B. der eine Strahl ein wenig höher als der andere liegt, so bewegt sich das Wasser unverändert in einer Ebene, dieselbe ist aber geneigt gegen die Tangente der Strahlen.

Bleiben die Querschnitte beider Strahlen dieselben, der eine wird aber mit einer gröfseren Kraft bewegt als der andere, so verwandelt sich die Ebene in eine gekrümmte Fläche, deren Concavität nach der Seite des mit geringerer Kraft bewegten Strahles liegt. Wird der Unterschied des Drucks gröfser, so schliefst sich diese gekrümmte Fläche, und je gröfser dieser Unterschied wird, um so stärker ist die Krümmung derselben an der Stelle, wo die beiden Strahlen zusammenstofsen. Wenn die Querschnitte der Strahlen verschieden sind, so bildet sich, so lange der Druck für beide gleich bleibt, auch eine gekrümmte Fläche, deren Concavität nach der Seite des Strahles von geringerem Durchmesser liegt. Wenn aber aufserdem die Geschwindigkeiten, mit welcher diese Strahlen sich bewegen, oder die Drucke, durch welche sie hervorgebracht werden, verschieden sind, und wenn namentlich der des Strahles von geringerem Durchmesser gröfser ist, so bildet sich zwar auch eine gekrümmte Fläche, deren Scheitel jedoch,

1) Daselbst *Tom. LV. p.* 257.

wie Savart angiebt [1]), so lange das Verhältnifs der Querschnitte der Strahlen nicht gröfser als das von 1 zu 4 ist, dicht an der Ausflufsöffnung des weiteren Strahles liegt. Für ein gröfseres Verhältnifs findet sich bei Savart keine Angabe.

Ist aber der Unterschied des Druckes hinreichend grofs, so dringt, wenn das Verhältnifs der Durchmesser 1 : 4 oder auch etwas gröfser ist, der engere Strahl ganz in das Gefäfs mit weiter Oeffnung ein.

10. In dem oben §. 7. beschriebenen Experimente findet dieser Fall statt. Es wirken hier gleichsam zwei Strahlen gegen einander, indem das Wasser in der cylindrischen Röhre als ein weiter Strahl von geringerem Drucke betrachtet werden kann. Offenbar würde sich in dieser Röhre ebenfalls eine gekrümmte Fläche bilden, welche in sich geschlossen ist, wenn nicht noch andere Umstände mitwirkten, durch welche statt derselben eine Menge kleiner, in sich geschlossener, Flächen entstehen. Diese bringen die Erscheinung des Schäumens hervor.

11. Um diese Erscheinung weiter zu verfolgen, habe ich den Wasserstrahl gegen eine halbkugelförmige Vertiefung von Metall strömen lassen. Auch hierbei erhält man, bei einem bestimmten Drucke des Strahls und einer gewissen Gröfse des halbkugelförmigen Gefäfses, eine eiförmig in sich geschlossene Wasserfläche [2]). Je nachdem man nun die halbkugelförmige Vertiefung dreht, fällt die Axe dieser Fläche, oder wenigstens der Punkt, in welchem die Vereinigung des Wassers stattfindet, nach der einen oder der andern Seite des Strahls, etwa so wie es in Fig. 5. Taf. I. dargestellt ist. Der ankommende Strahl geht alsdann durch die Fläche hindurch ohne die Bildung derselben zu stören.

1) a. a. O. p. 281.

2) Zu diesen Versuchen bediente ich mich einer halbkugelförmigen Vertiefung von 24^{mm} Durchmesser, und liefs gegen dieselbe einen Strahl, der aus einer Oeffnung von 3^{mm} Durchmesser unter einem Druck von 2,3 Mètres hervortrat, etwa in 0,5 Mètre Entfernung von der Ausflufsöffnung wirken.

Man kann indefs die Halbkugel so drehen, dafs das Wasser sich an einer, in der Richtung des Strahls liegenden Stelle zu vereinigen sucht, dann wird es dort von dem ankommenden Strahle wieder getroffen, und hierdurch entsteht ein eigenthümliches Schäumen und Umherschleudern der Wassertheile, das in Fig. 6. Taf. I. abzubilden versucht ist.

Dafs bei einem solchen Vorgange, namentlich wenn er innerhalb einer Röhre stattfindet, deren Durchschnitt nicht gröfser ist als der der gekrümmten eiförmigen Fläche, alles gegen den engen Strahl zurückgeworfene Wasser von diesem aufgehalten, und, indem sich eine neue Fläche der Art erzeugt, mit demselben zurückgeführt werde, ist wohl begreiflich. Dadurch kann man sich auch vorstellen wie das Ausfliefsen einer Flüssigkeit aus einem Gefäfse mit weiter Oeffnung durch einen Strahl von viel geringerem Durchmesser aufgehalten wird; und dadurch ist auch erklärlich, dafs es zu der wirklichen Bildung einer einzigen gröfseren Fläche nicht kommen kann, sondern dafs diese, wie schon gesagt, durch das immer zurückgeführte Wasser sich in eine Menge kleiner in sich geschlossener Flächen theilt, welche den Schaum bilden.

12. Um aber eine bestimmtere Vorstellung von diesem Vorgange zu erhalten, habe ich den Versuch noch so abgeändert, dafs das Rohr *de* Fig. 7. Taf. I. mit einem rechtwinklig nach oben gebogenen Ansatz *mn* in der Mitte versehen ward, so dafs das ganze Rohr die Gestalt eines umgekehrten T erhielt. Der Ansatz *mn* war so angebracht, dafs die Stelle *k* wo der eindringende dünne Strahl das Wasser in der Röhre traf, zwischen *d* und *m*, und zwar sehr nahe bei *d* lag. Wurde nun Wasser durch den Ansatz *mn* gegossen, so flofs nichts bei *e* ab, sondern alles bei *m* eintretende Wasser wurde sogleich bis nach *k* zurück gedrückt, und diefs fand selbst noch statt, wenn das Rohr *de* ziemlich weit war.

Die Stelle *k*, bis zu welcher der ankommende Strahl das Wasser in der Röhre zurückdrängt, ändert sich zwar

je nachdem derselbe genau in der Axe der Röhre oder mehr nach unten oder oben strömt; allein abgesehen hiervon ist ihre Lage bedingt, sowohl durch das Bewegungsmoment des dünnen Strahls, als auch durch das des Wassers, das aus dem Gefäſse *A* abzuflieſsen sucht. Aendert sich daher der Druck in *A*, steigt z. B. das Wasser in diesem Gefäſse, während der Druck des dünnen Strahls constant bleibt, so rückt *k* mehr nach der Ausfluſsöffnung *e*.

Bleibt hingegen das Niveau der Flüssigkeit in *A* constant, so daſs beide Drucke ungeändert bleiben, so kann die Stelle *k*, wo die Wassermassen einander treffen, sich noch dadurch ändern, daſs der Druck der Luft bei *k* sich ändert.

13. In das Tförmige Rohr *demn* Fig. 8. Taf. I., das in das Gefäſs *A* bei *d* eingesetzt ist, wurde die enge Röhre *fg*, aus welcher der dünne Wasserstrahl hervorging, so eingeführt, daſs der Ausfluſs *f* nahe bei *m* lag. Sodann wurde die Oeffnung bei *e* luftdicht an den Kork *g* befestigt, und bei *n* ein Rohr angesetzt, das mit einer geräumigen, aber leeren Flasche *B* in Verbindung stand. Aus der Flasche ging ein gebogenes Rohr *op* heraus, das mit seinem unteren Ende *p* in einen kleinen, mit Quecksilber oder einer gefärbten Flüssigkeit gefüllten Cylinder *Q* tauchte. Erhielt man nun den Wasserstand bei *A* constant, so stieg die Flüssigkeit in der Röhre *op*, indem Luft mit dem Wasser bei *k* fortgeführt wurde. Aber in dem Maaſse, als dies Steigen stattfand, rückte auch die Stelle *k*, wo der dünne Strahl das Wasser in der Röhre traf, mehr nach *m* hin, und sobald sie hier angekommen war, füllte sich das Stück *mf* mit Wasser, und dasselbe trat in *mn* hinauf. Es ist einleuchtend, daſs dann das Schäumen aufhörte.

Es braucht wohl nicht erwähnt zu werden, daſs das Resultat dasselbe war, wenn die Flasche *B* weggelassen und die Röhre von *n* direct in das Quecksilber geführt wurde, nur fand der Vorgang dann so rasch statt, daſs man ihn nicht verfolgen konnte.

14. Läfst man auch das Gefäfs mit Quecksilber fort, so dafs auf das Wasser in der Röhre *mn* der Druck der Atmosphäre wirkt, und vertauscht die enge Röhre *fg*, durch welche das Wasser einströmt, mit einer weiteren, so kann man diese so wählen, dafs keine Luft bei *m* mehr eintritt, sondern das ganze Rohr *de* mit Wasser erfüllt bleibt. Bei einem gewissen Verhältnisse der Durchschnitte der Röhren *fg* und *ed* steht alsdann das Wasser in der Röhre *mn* niedriger als in dem Gefäfs *A*. Es findet also dann bei *m* ein geringerer Druck statt als bei *d*. Wählt man die Röhre *fg* noch weiter, so steigt die Flüssigkeit in *mn*, und kann unter geeigneten Verhältnissen darin viel höher stehen als in dem Gefäfse *A*.

Dasselbe kann man erreichen wenn man, statt die Röhre *fg* zu ändern, die Geschwindigkeit vermindert, mit welcher das Wasser durch die unveränderte Röhre *fg* hindurch geht. Es ergiebt sich hieraus, dafs der Druck bei *m* abhängig ist, sowohl von der Geschwindigkeit als auch von dem Verhältnisse der Durchschnitte der beiden Röhren *fg* und *de* [1]).

Wenn die Oeffnung *f* der engen Röhre, durch welche das Wasser einströmt, nicht bis zu der Stelle reicht, wo bei *m* die rechtwinklich aufwärts führende Röhre *mn* angebracht ist, sondern so weit von dieser Stelle entfernt ist, dafs das Wasser, wenn es bei *m* ankommt, sich schon durch ein Stück der Röhre *de* bewegt hat, ohne seinen Querschnitt und also auch ohne seine Geschwindigkeit zu ändern, so steigt das Wasser in der Röhre *mn*, und steht in derselben höher als in dem Gefäfse *A*.

1) Ganz ähnliche Erscheinungen erhält man, wenn Luft aus einer engeren in eine weitere, mit ihr festverbundene Röhre strömt, aus der sie am entgegengesetzten Ende wieder entweichen kann. Sind die Röhren nämlich horizontal und führt aus der weiteren, da wo die engere in sie einmündet, eine Röhre rechtwinklich in ein Gefäfs mit Wasser oder Quecksilber hinab, so steigt diese Flüssigkeit in die Höhe, sobald die Luft mit hinreichender Geschwindigkeit aus der engeren in die weitere Röhre geblasen wird.

15. So lange das Schäumen in der Röhre *de* noch stattfindet, sieht man auch Luftblasen in das Gefäfs *A* eintreten. Indem nämlich die ganze Wassermasse der Röhre sich in diefs Gefäfs hineinbewegt, wird die, durch das Schäumen eingeschlossene Luft mit hineingeführt. In welchem Maafse diefs letztere stattfindet, kann man deutlich beobachten, wenn man die Röhre *de* Fig. 9. Taf. I. von Glas und von ziemlicher Länge, etwa 2 Fufs lang wählt. Man sieht alsdann die Flüssigkeit in dem vorderen Theile bei *k* schäumen, von da aber fliefst sie, oder wird sie nach *d* hinbewegt, während oben auf derselben kleine Luftbläschen mit fortgeführt werden. Diefs findet sogar statt, wenn die Röhre *de* eine solche Neigung hat, dafs der Schaum sich abwärts bewegen mufs, indem das Ende *d*, mit welchem sie in dem Gefäfse *A* befestigt ist, tiefer als die Oeffnung bei *e* liegt.

Das Eintreten solcher Luftblasen mit dem Wasser hat schon S a v a r t beobachtet, ohne jedoch dieser Erscheinung weitere Aufmerksamkeit zu schenken. Ich glaube indefs, dafs sie nicht ganz unwichtig ist. Wer hat nicht schon bei dem Eingiefsen von Wasser in ein Glas die Luftblasen beobachtet, die dabei entstehen, und doch ist diese, seit Menschengedenken beobachtete Thatsache noch nicht erklärt, oder mindestens sind die vorhandenen Erklärungen nicht genügend.

16. V e n t u r i ist, wie schon in §. 2. erwähnt worden, der Ansicht, dafs der Wasserstrahl die Luft mit sich fortreifse. Hiernach würde sie gleichsam in Folge einer Reibung in das Wasser mit hinabgeführt werden. Allein wenn man ein Mal diese Erscheinung mit einiger Aufmerksamkeit betrachtet hat, so kann man eine solche Erklärung unmöglich zugeben, denn es ist gar nicht denkbar, dafs die Luft mit solcher Kraft an dem Strahle hafte, dafs sie von diesem bis weit unter die Oberfläche des Wassers hinabgerissen werde.

17. Um aber diese Ansicht vollständig zu widerlegen, liefs ich aus einem Gefäfse mittelst einer Röhre einen Strahl senkrecht ausfliefsen, und brachte die Oberfläche der Flüs-

sigkeit, welche er treffen sollte, so an, dafs sie von dieser Röhre fast berührt wurde. Auch hierbei entstanden Luftblasen im Innern der Flüssigkeit. Auf dem kurzen Wege von etwa 1^{mm}, den der Strahl in diesem Versuche durch die Luft zurücklegte, konnte der letzteren unmöglich durch Reibung eine so starke Bewegung mitgetheilt seyn, dafs sie bis tief unter die Oberfläche des Wassers hinabzudringen vermochte.

18. Savart hat die Behauptung aufgestellt, dafs der Strahl einer Flüssigkeit zwar bis zum Maximum seiner Contraction eine zusammenhängende Masse bilde, aber von da ab aus einzelnen getrennten Massen bestehe, welche, indem sie ihre Gestalt periodisch ändern, die abwechselnden Anschwellungen des Strahls hervorbringen. Man könnte glauben dafs die Luftblasen, welche beim Eindringen eines Strahls in eine Flüssigkeitsmasse entstehen, von Luft herrühren, welche zwischen diesen einzelnen getrennten Massen des Strahls enthalten ist. Allein wenn man einen Wasserstrahl, der mit einigem Drucke ausfliefst, die Oberfläche von Wasser treffen läfst, noch bevor er das Maximum seiner Contraction erfahren hat, so bilden sich die Blasen gleichfalls, und hierdurch wird diese Ansicht, abgesehen von anderen Einwendungen, vollkommen widerlegt.

19. Es scheint diefs Phänomen davon herzurühren, dafs der Flüssigkeitsstrahl da, wo er die Oberfläche der ruhenden Flüssigkeit trifft, eine Vertiefung bildet. Diese schliefst sich, sobald die Oberfläche der Flüssigkeit in die geringste Schwankung geräth, und enthält dann Luft im Innern, die von dem sich bewegenden Wasser in die Tiefe mit hinabgeführt wird.

20. Bewegt sich ein Strahl continuirlich gegen die Oberfläche einer Flüssigkeit, so kann man die Vertiefung, welche rund um den Strahl sich bildet, deutlich sehen. Allein sie schliefst sich gewöhnlich so schnell, und es tritt so schnell eine neue an ihre Stelle, dafs man die Art, wie die Luft eingeschlossen wird, nicht weiter verfolgen kann.

21. Ich habe indefs Gelegenheit gehabt zu beobach-

ten, dafs wenn ein Strahl in einiger Entfernung von seiner Ausflufsöffnung und bevor er das Maximum der Contraction erreicht hat, eine Wasserfläche trifft, die vollkommen ruhig ist, sich bisweilen eine ziemlich bedeutende Vertiefung rund um den Strahl bildet, ohne dafs Luft in das Wasser eindringt. Sobald aber alsdann die geringste Bewegung auf der Oberfläche entsteht, so wird sogleich Luft mit hinabgeführt. Setzt man z. B. die Oberfläche dadurch in Bewegung, dafs man in einiger Entfernung von dem Strahl einzelne Tropfen aus einer Höhe von wenigen Zollen auf das Wasser fallen läfst, die für sich allein keine Luft unter die Oberfläche der Flüssigkeit führen würden, so tritt, sobald der Tropfen auffällt, jedesmal ein zischendes Geräusch da ein, wo der Strahl die Oberfläche trifft, und zugleich sieht man kleine Luftblasen mit dem Strahle in die Flüssigkeit hinabdringen.

22. Dasselbe geschieht, wenn die Continuität des Strahls unterbrochen wird, etwa indem man einen festen Körper durch denselben hindurch bewegt. Ja selbst wenn nur ein kleines Bläschen von Luft in dem Strahle enthalten ist, so stellt sich dies Geräusch ein, und zugleich wird eine gröfsere Menge von Luft durch den Strahl hinabgerissen. Eben dasselbe findet statt, wenn die Oberfläche der Flüssigkeit in unregelmäfsige Bewegung geräth, und dann zeigt sich bisweilen ein aufserordentlich heftiges Eindringen von Luft. Es hat dabei das Ansehen, als ob sich ein trichterförmiger Strudel um den Strahl bildet, durch welchen die Luft in drehender Bewegung hinabgeführt wird. In dieser Art beobachtet man die Erscheinungen nämlich, wenn der Strahl mit dem Drucke einer Wassersäule von 10 Fufs ausströmt und die Oberfläche des Wassers in einem 2 Fufs weiten Gefäfse trifft. Hiernach scheint mir die in §. 19. gegebene Erklärung von dem Eindringen der Luftblasen in eine Flüssigkeit keinem Zweifel zu unterliegen.

23. Bei Betrachtung der Bewegung, welche stattfindet, wenn eine Flüssigkeit in die gleichartige Substanz durch eine Oeffnung einströmt, welche sich in einiger Tiefe un-

ter der Oberfläche der letzteren befindet, schien es mir zunächst wünschenswerth durch Versuche zu ermitteln, ob die Wirkung, welche das einströmende Wasser gegen einen Widerstand leistenden Körper ausübt, mit der Entfernung von der Einströmungsöffnung sich ändere oder nicht. Ich habe diese Versuche auf die Weise ausgeführt, dafs eine Platte unter Wasser senkrecht gegen die Richtung des auf die eben erwähnte Weise entstehenden Strahls (wenn man sich dieses Ausdrucks bedienen darf) angebracht und die Kraft gemessen wurde, mit welcher das Wasser dieselbe zu bewegen suchte.

Um zu ermitteln, in wie weit es nöthig ist, dafs die Platten, welche benutzt werden sollten, vollkommen eben sind, wurden zunächst Versuche in der Luft angestellt, und um dabei das Resultat unabhängig von der Schwere des Wassers zu erhalten ein horizontaler Strahl benutzt. Die Einrichtung des Versuches war folgende:

24. An den Balken einer Waage *FG* Fig. 10. Taf. I. war in der Mitte ein verticaler Stab *ab* von Metall geschraubt, und an diesem die Platte *cd* so befestigt, dafs dieselbe gleichfalls vertical und senkrecht gegen die Richtung des Strahls war. Wenn alsdann der Waagebalken horizontal war und es wurde gegen die Mitte der Platte der Strahl gerichtet, so drängte dieser dieselbe zurück. Allein durch Auflegen von Gewichten konnte man die Waage in ihre Gleichgewichtslage zurückführen, und so die Kraft bestimmen, mit welcher die Platte der Bewegung des Strahls Widerstand leistete.

Hierauf wurden 2 vollkommen ebene Platten, die eine von 9^{mm} und die andere von 24^{mm} Durchmesser, nach einander bei *b* befestigt, und während dieselben sich in der Luft befanden, wurde ein horizontaler Wasserstrahl senkrecht gegen ihre Mitte gerichtet. Sodann wurden diese ebenen Platten mit concaven Halbkugeln vertauscht, deren Durchmesser genau gleich war dem Durchmesser der Platten, und der jedesmal stattfindende Druck gemessen. Derselbe ergab sich bei einer Druckhöhe von 2 Meter in ei-

nem Abstande von 100^{mm} von der Ausflufsöffnung *f*, welche in einer dünnen Wand aus Blech angebracht war und 3^{mm} im Durchmesser hatte, für

	die Platte	die Halbkugel
von 9^{mm} Durchmesser zu	22 Grammes	42 Grammes.
„ 24^{mm} „ „	23 „	38 „

25. Dieser gröfsere Druck bei den Halbkugeln beruht offenbar darauf, dafs das Wasser des Strahls, der dieselben in der Mitte trifft, sich zur Seite bewegt, und dadurch gegen die halbkugelförmige Wand noch einen Druck ausübt. Dafs diefs wirklich so ist, ergiebt sich schon aus der Art, wie das Wasser von den Halbkugeln von verschiedenem Durchmesser zurückgeworfen wird. Während dasselbe nämlich von der von 9^{mm} fast parallel mit dem ankommenden Strahl zurückkommt, bildet es, zurückgeworfen von der von 24^{mm}, eine gekrümmte Oberfläche, von ähnlicher Gestalt wie die in Fig. 5. Taf. I., deren gröfster Durchmesser etwas gröfser als der der Halbkugel ist.

Hieraus erklärt sich auch, weshalb bei der gröfseren Halbkugel die bewegende Kraft geringer ist, als bei der kleinen, während doch die Fläche, gegen welche der Druck ausgeübt wird, gröfser ist. Es zerlegt sich nämlich der seitliche Druck bei dem gröfseren Krümmungshalbmesser so, dafs ein geringerer Theil desselben in der Richtung des ursprünglichen Strahls wirkt, als bei dem kleineren Halbmesser. Nur bei ganz ebenen Platten erhält man den Antheil der Bewegung allein, welcher in der Richtung des Strahls stattfindet. Deshalb wurden zur Ermittelung der Quantität der Bewegnng nur solche Platten benutzt.

26. Die übrige Einrichtung war folgende: Aus einem Gefäfse, in welchem der Wasserstand dadurch unveränderlich erhalten wurde, dafs aus einem darüber befindlichen Behälter mehr Wasser zu, als unten abflofs, führte ein verticales Rohr *MN* Fig. 10. Taf. I., das bei *M* rechtwinklig gebogen war. Dasselbe hatte im Innern einen Durchmesser von 1 Zoll, und trug an seinem horizontalen Theile bei O eine Hülse von Metall, in deren Mitte sich die Aus-

flufsöffnung befand, welche bei allen diesen Versuchen kreisrund war, und bei den meisten einen Durchmesser von 3mm hatte. Das Stück *MO* dieses Rohrs befand sich mit der Platte *cd* in einem grofsen Gefäfse *ABCD*, das 4 Fufs lang, 3 Fufs breit und 16 Zoll hoch war; dasselbe war ganz mit Wasser gefüllt, und durch einen in einer bestimmten Höhe angebrachten Abflufs *gh* wurde der Stand des Wassers unveränderlich erhalten. Die Waage mit ihrer Platte war zwischen zwei Leisten *HI* so verschiebbar, dafs sie sich immer parallel mit sich selbst bewegte. An diesen Leisten war eine Theilung angebracht, um den Abstand der Platte *cd* von der Ausflufsöffnung *f* messen zu können. Bevor das Gefäfs *ABCD* mit Wasser gefüllt wurde, überzeugte man sich, dafs der durch die Luft gehende Strahl die Platte in ihrem Mittelpunkte traf. Für die geringen Entfernungen, welche hier in Betracht kommen, glaubte ich die Richtung des Strahls unter Wasser als unverändert ansehen zu dürfen, besonders da derselbe sich in dem gleichartigen Medium bewegte.

27. Wendet man bei diesem Versuche Platten von verschiedenem Durchmesser an, so nimmt die Kraft, welche nothwendig ist, um bei unveränderter Entfernung von der Ausflufsöffnung die Waage im Gleichgewicht zu erhalten, mit der Gröfse der Platten zu, jedoch nur bis zu einer bestimmten Gränze; über diese hinaus bleibt sie unverändert. Wurden daher ziemlich grofse Platten benutzt, so war man sicher die ganze Gröfse der Wirkung zu erhalten. Die kleinste Platte, welche ich angewendet habe, hatte 100mm Durchmesser. Die folgende Tabelle enthält einige von den Bestimmungen, welche mit Platten von verschiedener Gröfse erhalten worden sind.

Ho-

Horizontaler Strahl[1]).

Oeffnung.	Druckhöhe.	Durchm. der Platte.	Abstand der Platte von der Oeffnung.	Gewicht in Grammes, um die Platte in ihre Lage zurückzuführen.		
				No. I.	No. II.	No. III.
In dünner Wand. Durchmesser 3mm.	6′ 10″ Rhl. = 2,145 Mètres	100mm	20mm	20,0	20,0	20,0
			50	21,0	21,0	20,75
			100	21,5	21,5	21,5
			150	21,5	21,5	21,5
			200	21,0	20,5	20,5
				No. IV.	No. V.	No. VI.[2])
Desgl.	Desgl.	150mm	20mm	20,0	20,0	18,0
			50	21,0	21,0	19,0
			100	22,0	22,5	20,0
			150	23,0	23,5	20,0
			200	23,0	23,5	21,0
			250	23,0	23,0	21,0
			300	22,5	22,5	20,5
				No. VII.	No. VIII.	
In Messing von 1mm Dicke. Durchm. 3mm.	7′ 1¼″ Rhl. = 2,229 Mèters.	200mm	20mm	16,0	16,2	
			50	16,7	16,7	
			100	18,0	18,0	
			150	18,0	18,0	
			200	18,0	18,0	
			250	17,5	17,7	
				No. IX.		
Glasröhrchen von 10mm Länge. Durchmesser nahe 3mm.	Desgl.	150mm	20mm	21		
			50	21,6		
			100	23,2		
			150	23,3		
			200	23,3		
			250	23,2		
				No. X.		
Glasröhrchen von 20mm Länge. Durchmesser etwas weniger als 3mm.	Desgl.	Desgl.	20mm	14,3		
			50	14,9		
			100	15,2		
			150	15,4		
			200	15,2		

1) Die Temperatur des Wassers schwankte bei diesen Versuchen sehr wenig, sie war sehr nahe 14° C.

2) Bei dieser Beobachtungsreihe war die Richtung der Hülse etwas verändert, und die Axe des Strahls nicht ganz senkrecht gegen die Platte.

28. Es geht aus diesen Versuchen hervor, dafs die Wirkung gegen die Platte mit der Entfernung derselben von der Ausflufsöffnung zunimmt, und zwar bis zu einem Abstande von 150 Millimètres. Bei allen Versuchen wurde ein ähnliches Resultat erhalten. Kein einziger, und ich habe deren viele, aufser den hier mitgetheilten, angestellt, zeigte innerhalb des Abstandes von 100 Millim. eine Abnahme. Allein die Zunahme war nicht immer gleich, und ich überzeugte mich, dafs die Schwankungen davon herrührten, dafs es nicht möglich war die Hülse, in der die Ausflufsöffnung sich befindet, immer so anzubringen, dafs die Richtung des Strahls, selbst innerhalb dieser geringen Entfernung genau dieselbe blieb.

29. Um diese Unsicherheit zu vermeiden, wurde der Versuch so abgeändert, dafs der Strahl vertical war und gegen eine horizontale Platte sich bewegte. Zu dem Ende wurde diese mittelst drei feinen Drähten von 3 Fufs Länge an dem einen Ende des Waagebalkens befestigt. Die Waage selbst aber befand sich an einem Gestelle, durch welches sie auf und nieder bewegt werden konnte, wobei jedoch der Mittelpunkt der Platte stets senkrecht unter der Oeffnung blieb, durch welche das Wasser ausflofs.

Die Platte hing im Wasser in einem Gefäfse, das 3 Fufs Durchmesser und 2 Fufs Höhe hatte, und in welchem der Stand des Wassers unverändert blieb. Die Oeffnung, aus welcher der Strahl hervorging, befand sich 4 Zoll unter der Oberfläche.

Auch bei diesen Versuchen zeigten sich ähnliche Zunahmen der Wirkung gegen die Platte und zwar sowohl wenn der Strahl vollkommen vertical niederging, bevor das Wasser in das Gefäfs gebracht war, als auch wenn derselbe unter einem Winkel von 10 Grad das Centrum der horizontalen Platte traf; wie diefs aus No. XIII. der folgenden Tabelle hervorgeht.

Verticaler Strahl.

Oeffnung.	Druckhöhe.	Durchm. der Platte.	Abstand der Platte von der Oeffnung.	Gewicht in Grammes, um die Platte in ihre Lage zurückzuführen.
In dünner Wand. Durchmesser 3^{mm}.	8′ 10″ Rhl. = 2,772 Mètres.	200^{mm}		No. XI. No. XII.
			50^{mm}	29,5 29,0
			100	30,5 30,5
			150	31,0 31,0
			200	30,5 30,5
Desgl. Der Strahl machte einen Winkel von 10° mit der Verticalen.	Desgl.	Desgl.		No. XIII.
			50^{mm}	29,0
			100	30,7
			150	31,0
			200	30,5
Glasrohr 10^{mm} lang, nahe 3^{mm} Durchmesser.	Desgl.	Desgl.		No. XIV.
			20^{mm}	26,0
			30	26,5
			50	27,5
			100	28,5
			150	29,0
			200	28,5
Glasrohr 65^{mm} lang, 6^{mm} Durchmesser, unten zusammengeschmolzen bis auf nahe 3^{mm}.	Desgl.	Desgl.		No. XV.
			20^{mm}	23,5
			50	25,5
			100	26,5
			150	26,5
			200	26,0
Glasrohr 65^{mm} lang, aber überall von demselben Durchm. von $3,3^{mm}$.	Desgl.	Desgl.		No. XVI.
			20^{mm}	28,5
			50	29,5
			100	30,8
			150	31,3
			200	30,9

30. Später §. 41. werde ich auf die Erklärung dieser Erscheinung, dafs die Wirkung des gegen eine Platte sich bewegenden Wassers mit der Entfernung zunimmt, zurückkommen. Zunächst schien es mir von Interesse die Art und Weise wie das einströmende Wasser sich mit dem schon vorhandenen mischt, genauer zu verfolgen.

Ich liefs deshalb das Wasser durch eine Oeffnung von 2 bis 3 Millim. im Durchmesser und unter dem Drucke

einer Wassersäule von 7 Fuſs, horizontal in ein Gefäſs einströmen, von dem zwei Seitenwände aus Glas und nur 0,5 Zoll von einander entfernt waren. Indem der Strahl auf der schmalen Seite desselben in der Mitte der Höhe eintrat, konnte er sich nur nach unten und oben ausbreiten, und es war bei der geringen Dicke der Wasserschicht zu hoffen, daſs man im Stande seyn würde, den Vorgang innerhalb derselben näher zu beobachten.

Das Gefäſs muſste in einiger Entfernung von der Einströmungs-Oeffnung, bei *A* Fig. 11. Taf. I., beträchtlich breiter gemacht werden, weil sonst der Widerstand durch die Reibung längs der Seitenwände zu groſs war. Auch hatte dasselbe an der, der Einströmungs-Oeffnung gegenüberliegenden Seite, bei *B*, einen Ausschnitt zum Abfluſs des Wassers, so daſs das Niveau desselben unverändert blieb. Um den Strahl besser beobachten zu können brachte ich verschiedene undurchsichtige Körper, *Semen Lycopodii* und statt dessen auch Milch in das Wasser, aber die Bewegung war stets so unruhig und heftig, daſs sich keine scharfe Beobachtung anstellen lieſs. Indeſs zeigte dieser Versuch eine andere Erscheinung die, wiewohl sie eine unmittelbare Folge aus den früher mitgetheilten Versuchen ist, doch nicht ohne Interesse seyn möchte. Die Oeffnung durch welche das Wasser in das Gefäſs einströmte, lag etwa 2 Zoll unter der Oberfläche des darin befindlichen Wassers, und 3,5 Zoll über dem Boden des Gefäſses. Sobald das Einströmen begann, sank die Oberfläche in dem schmalen Theile des Gefäſses und zwar nahm dieselbe verschiedene Vertiefungen an, je nachdem das Wasser mit gröſserer oder geringerer Gewalt einströmte. Oft sank sie zunächst der Einströmungs-Oeffnung bis unter diese hinab. Wenn dieſs geschah, so entstand ein heftiges Schäumen und dabei blieb, so lange noch Wasser mit hinreichender Gewalt einströmte, die Oberfläche an dieser Stelle niedriger als die Einströmungs-Oeffnung. Vermied man aber ein so bedeutendes Sinken der Oberfläche, und blieb die Oeffnung *f* unter derselben, so zeigten sich mehrere Vertiefungen, wie sie in

Fig. 11. Taf. I. angedeutet sind. Vermehrte man alsdann durch vollständiges Oeffnen des Hahns *C* die zuströmende Wassermasse, so wurde die Vertiefung bei *d* geringer, dagegen blieb die bei *e*, die etwa in einer Entfernung von 5 Zoll von der Oeffnung *f* lag, fast unverändert. In allen diesen Fällen bewegte sich das Wasser unten und oben aus dem weiteren Theile *AB* des Gefäſses in den engeren *AD* zurück, also der Richtung des durch *f* einströmenden entgegen. Dieſs giebt einen neuen Beweis dafür, daſs ein nicht unbedeutender Theil des ruhenden Wassers von dem einströmenden beständig mit fortbewegt wird. Dadurch entstehen neben der einströmenden Masse wirbelnde Bewegungen des Wassers, die hier bei *g* deutlich zu sehen waren. Eine nähere Beobachtung des Vorgangs im Innern war aber bei der Unruhe, welche durch die rückgängige Bewegung des Wassers in der oberen Schicht eintrat, unmöglich. Um daher diesen Vorgang im Inneren des einströmenden Wassers näher kennen zu lernen, habe ich eine andere, wenn auch etwas mühsamere Methode gewählt.

31. Wasser das frei von Kochsalz und Chlorwasserstoffsäure war, strömte in ein groſses weites Gefäſs in dem sich Wasser befand, das etwa 1 Proc. Kochsalz enthielt. Um die Quantität dieses Salzes in der Auflösung genau zu bestimmen, wurde ein abgemessenes Volumen derselben, gewöhnlich 10 Cub. Cent., mittelst einer Pipette in eine Flasche gebracht, und dann so lange mit einer normalen Auflösung von salpetersaurem Silber versetzt, bis kein Niederschlag mehr entstand. Aus dem Volumen der normalen Auflösung von salpetersaurem Silber, das zur Fällung nöthig gewesen war, ergab sich die Quantität des Kochsalzes. Es ist dieſs die umgekehrte Methode von der, welche Gay-Lussac für die Bestimmung des Silbers eingeführt hat. Bei einiger Uebung kann man den Gehalt an Chlornatrium bis auf 0,01 Proc. sicher bestimmen. Lieſs man nun Wasser das, wie schon erwähnt, frei von Kochsalz und Chlorwasserstoffsäure seyn muſste, in diese Salzlösung einströmen, und fing man in dem so entstehenden Strahle an ir-

gend einer Stelle eine Quantität der Flüssigkeit mit der Vorsicht auf, dafs sich dadurch die Bewegung in dem Strahle nicht änderte, so ging aus der Menge des Kochsalzes in dieser Flüssigkeit hervor, in welchem Verhältnifs sich das einströmende Wasser mit der im Gefäfs vorhandenen Salzlösung an dieser Stelle gemischt hatte.

32. Um die Flüssigkeit an irgend einer Stelle des Strahls aufzufangen, bediente ich mich einer Glasröhre *abc* Fig. 12. Taf. I., die in eine feine Spitze bei *a* ausgezogen war. Der zugespitzte Theil war horizontal und wurde in die Richtung des horizontal einströmenden Wassers gebracht, hinter dieser Zuspitzung bog sich die Röhre nach oben und ragte über die Oberfläche des Wassers hervor. Hier war mittelst Kautschuk eine andere Röhre *cd* angesetzt die abwärts geneigt werden konnte. Die Röhre *abc* war an einem starken Brette *gh* gut befestigt, das auf einem anderen, quer über das Gefäfs *ABCD* fest angebrachten Brette, sicher vor und rückwärts sowie auch seitwärts bewegt werden konnte. Die Spitze der Glasröhre hatte eine Oeffnung von 1^{mm} innerem und $1,5^{mm}$ äufserem Durchmesser, und verjüngte sich allmälig, so dafs der Widerstand, welchen sie für die Bewegung des Wassers darbot, zu gering war um diese wesentlich zu ändern. Wurde diese Spitze in nicht zu grofser Entfernung von der Oeffnung *f* angebracht, durch welche das Wasser einströmte, so war die Bewegung hinreichend, um das Wasser in dieselbe hinein und in der Röhre *abc* so hoch hinauf zu treiben, dafs es durch *cd* abfliefsen, und in einem untergehaltenen Glase aufgefangen werden konnte. Die ersten Portionen die hierbei ausflossen enthielten noch die Salzlösung, welche in der Röhre vor dem Beginn des Versuches enthalten war, und erst die späteren hatten die Zusammensetzung, welche der Flüssigkeit an dem Punkte *a* in dem Strahle entspricht. Es wurde deshalb die ausfliefsende Flüssigkeit in 3 Portionen aufgefangen, deren beide letzte dieselbe Zusammensetzung zeigen mufsten, wenn das Resultat als richtig betrachtet werden sollte. Später hatte übrigens die Erfahrung

schon gelehrt, wie viel ausfliefsen mufste, um sicher zu seyn, dafs die früher im Rohre befindliche Flüssigkeit ganz entfernt sey.

Durch das in die Salzlösung einströmende Wasser ändert sich zwar die Concentration derselben, allein diese Aenderung war während der kurzen Dauer eines Versuches immer nur sehr unbedeutend. Vor jedem neuen Versuch wurde die Quantität des Salzes in der in dem Gefäfse *AB* befindlichen Lösung von neuem bestimmt.

33. Vorzüglich war es interessant zu erfahren ob die Salzlösung bis in die Mitte des einströmenden Wasserstrahles gelange. Es wurden deshalb zunächst Versuche angestellt, bei welchen sich die Spitze stets in der Mitte dieses Strahles, aber in verschiedenen Entfernungen von der Oeffnung *f*, durch welche das Wasser einströmte, befand. Um die Mitte des in der Salzlösung entstehenden Strahls sicher ermitteln zu können, wurde die Salzlösung aus dem Gefäfse *AB* abgelassen, und die Spitze in die Mitte des in das leere Gefäfs einströmenden Wassers gebracht. Dann wurde die Salzlösung wieder eingefüllt und die Bestimmung in der erwähnten Art vorgenommen.

Die Resultate, welche so erhalten wurden, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, in den vier ersten Columnen sind die unmittelbar beobachteten Zahlen enthalten, die fünfte ergiebt sich aus der dritten und vierten.

Die Spitze in der Mitte des Strahls.

No. des Versuchs.	Durchm. der Oeffnung durch welche das Wasser einströmte.	Entfernung der Spitze von der Oeffnung.	Salzgehalt in *AB* vor dem Versuche.	Salzgehalt der durch die Spitze erhaltenen Flüssigkeit.	Die durch die Spitze erhaltene Flüssigkeit bestand aus: Salzlösung.	Wasser.
1.	3mm	10mm	0,92 Proc.	0,50 Proc.	54,4 Proc.	45,6 Proc.
2.	»	20mm	0,90 »	0,54 »	60,0 »	40,0 »
3.	»	»	0,78 »	0,46 »	59,0 »	41,0 »
4.	5mm	10mm	0,89 »	0,03 »	3,4 »	96,6 »
5.	»	20mm	0,93 »	0,14 »	15,1 »	84,9 »
6.	»	»	0,98 »	0,16 »	16,4 »	83,6 »

No. des Versuchs.	Durchm. der Oeffnung durch welche das Wasser einströmte.	Entfernung der Spitze von der Oeffnung.	Salzgehalt in AB vor dem Versuche.	Salzgehalt der durch die Spitze erhaltenen Flüssigkeit.	Die durch die Spitze erhaltene Flüssigkeit bestand aus:	
					Salzlösung.	Wasser.
7.	5mm	30mm	0,93 Proc	0,27 Proc.	29,0 Proc.	71,0 Proc.
8.	»	»	0,90 »	0,27 »	30,0 »	70,0 »
9.	»	»	0,88 »	0,23 »	26,2 »	73,8 »
10.	»	»	0,82 »	0,19 »	23,2 »	76,8 »
11.	»	»	0,99 »	0,22 »	22,0 »	78,0 »
12.	»	50mm	0,98 »	0,44 »	44,9 »	55,1 »

Wurde die Spitze so weit genähert, daſs sie sich dicht vor der 3mm weiten Oeffnung befand, durch welche das Wasser in AB einströmte, so drang nur reines Wasser ohne eine Spur der Salzlösung in dieselbe ein.

34. Die Verschiedenheiten, welche sich für die Versuche ergeben, bei denen die Spitze in derselben Entfernung angebracht war, haben ihren Grund darin, daſs die geringste Abweichung von der Mitte des Strahls eine groſse Verschiedenheit in der Mischung der Flüssigkeit bedingt. Um zu erfahren, wie bedeutend diese Verschiedenheit ist, wurden einige Versuche angestellt, bei welchen die Spitze aus der Mitte des durch die Oeffnung von 5mm einströmenden Strahls gerückt war, theils bis an den äuſseren Rand des in die Luft ausströmenden Wassers, wobei die Mitte der Spitze um 1,75mm von der Mitte des Strahls entfernt war, theils auch noch mehr seitlich, so daſs die Mitte der Spitze um 2,5 bis 3,0mm von der Mitte des Strahls abstand, wobei sich das Wasser, wenn es in die Salzlösung einströmte, noch mit hinreichender Kraft in die Spitze hinein bewegte, um durch die Röhre cd wieder abzuflieſsen.

Die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

No. d. Versuchs.	Entfernung d. Spitze von der Oeffnung[1]).	Die Spitze befand sich	Salzgehalt in AB vor dem Versuche.	Salzgehalt d. durch die Spitze erhaltenen Flüssigkeit.	Die durch die Spitze erhaltene Flüssigkeit bestand aus: Salzlösung.	Wasser.
13.	10^{mm}	in der Mitte	0,89 Proc.	0,03 Proc.	3,4 Proc.	96,6 Proc.
»	»	$1,75^{mm}$ seitl.	1,08 »	0,23 »	21,3 »	78,7 »
»	»	$3,00^{mm}$ seitl.	0,94 »	0,42 »	44,7 »	55,3 »
6.	20^{mm}	in der Mitte	0,98 »	0,16 »	16,4 »	83,6 »
»	»	$1,75^{mm}$ seitl.	1,06 »	0,40 »	37,7 »	62,3 »
»	»	$2,50^{mm}$ seitl.	0,99 »	0,45 »	45,5 »	54,5 »
11.	30^{mm}	in der Mitte	0,99 »	0,22 »	22,0 »	78,0 »
»	»	$1,75^{mm}$ seitl.	0,97 »	0,46 »	47,4 »	52,6 »
»	»	$2,50^{mm}$ seitl.	0,96 »	0,56 »	58,3 »	41,7 »

Es geht hieraus hervor, dafs die Quantität der Salzlösung bedeutend zunimmt, wenn man die Spitze von der Mitte entfernt, und dafs ein wirkliches Eindringen der schon vorhandenen in die einströmende Flüssigkeit stattfindet.

35. Ich wende mich nun zu der Erklärung dieser Erscheinungen. Nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft ist eine streng mathematische Herleitung derselben leider nicht möglich, die folgende Betrachtung kann aber, wie ich glaube, dazu dienen dieselben vollständig zu erklären.

Denkt man sich eine Flüssigkeit, welche in die gleichartige Substanz, die in einem Gefäfse enthalten ist, das als unbegränzt betrachtet werden kann, durch eine Oeffnung einströmt, welche hinreichend tief unter der Oberfläche liegt, so breitet sich der auf diese Weise in der Flüssigkeit entstehende Strahl continuirlich aus, d. h. seine auf der Axe senkrechten Querschnitte werden continuirlich gröfser. Zugleich nimmt die Geschwindigkeit in demselben mit der Entfernung von der Einströmungsöffnung ab, was man beides leicht beobachten kann.

Ginge hierbei durch jeden gegen die Axe des Strahls senkrechten Querschnitt dieselbe Menge von Flüssigkeit in derselben Zeit hindurch, so würde die nachkommende Masse

1) Der Durchmesser der Oeffnung, durch welche das Wasser in die Salzlösung einströmte, betrug 5^{mm}.

hinreichend seyn, um den Raum auszufüllen, welchen die vorhergehende inne hatte.

Wir wollen nun untersuchen, unter welchen Bedingungen diefs möglich ist. Betrachtet man zu dem Ende eine bestimmte Masse der einströmenden Flüssigkeit, z. B. die, welche in einer Zeiteinheit durch die Einströmungs-Oeffnung hindurchgeht, so wird, wenn dieselbe sich ausbreitet, ihre Dicke oder Ausdehnung in der Richtung der Axe des Strahls in demselben Verhältnisse geringer, als ihr Querschnitt oder ihre Ausdehnung in den beiden gegen die Axe senkrechten Richtung gröfser wird. Wenn dabei ihre Geschwindigkeit zugleich auch in diesem Verhältnisse abnähme, so dafs beide, sowohl die Geschwindigkeit als auch die Dicke, sich umgekehrt wie die Querschnitte verhielten, dann würde diese Masse durch jede Ebene, welche senkrecht gegen die Axe des Strahls ist, in derselben Zeit hindurchgehen. Allein wenn diese Bedingungen erfüllt würden, so würde die Kraft, mit welcher diese Masse sich bewegt, in demselben Verhältnisse geringer werden wie ihre Geschwindigkeit.

Es läfst sich aber einsehen, dafs diefs nicht der Fall seyn kann. Denn wenn man von dem Verluste an bewegender Kraft absieht, welcher durch die Reibung der Flüssigkeitstheilchen entsteht, und wenn, wie oben schon vorausgesetzt worden, die Bewegung in einem Gefäfse stattfindet, welches so grofs ist, dafs seine Wände keinen Widerstand für die Bewegung darbieten, so ist, wenn die Oberfläche während der Bewegung horizontal bleibt und man zunächst davon ausgeht, dafs die Druckverhältnisse für alle Theile der Flüssigkeit während ihrer Bewegung dieselben wie im Zustande der Ruhe sind, keine Kraft vorhanden, welche der Bewegung entgegenwirkte. Es wird deshalb kein Theil von dieser bewegenden Kraft vernichtet werden.

Zwar breitet der Strahl sich dadurch aus, dafs die ankommende Masse einen Widerstand in der ihr vorhergehenden findet, allein da dieser Widerstand von vollkommen beweglichen Theilen geleistet wird d. h. nur auf Träg-

heit beruht, so bleibt doch die bewegende Kraft, welche in der Richtung der Axe stattfindet, unverändert, und deshalb ist, sobald die Bewegung permanent geworden, dieselbe bewegende Kraft während der Zeiteinheit in jeder gegen die Axe des Strahls senkrechten Ebene wirksam.

Bestände das Breiterwerden des Strahls nur darin, dafs dieselbe Masse bei ihrem Fortschreiten ihre Form ändert, und einen gröfseren Querschnitt annimmt, so könnte sich ihre Geschwindigkeit nicht ändern; dann aber würde diese Masse in einer um so kürzeren Zeit durch die verschiedenen Querschnitte des Strahls hindurchgehen, jemehr sie sich ausgebreitet hat. Dadurch würden die einzelnen Schichten des Strahls sich entweder von einander trennen, oder es müfste eine Verdünnung eintreten. In solchen Fällen, in denen dafür gesorgt ist, dafs keine andere Masse zutritt, wo also nur diesselbe Masse sich ausbreitet, kann man bei tropfbar flüssigen Körpern, wo eine Verdünnung nicht möglich ist, wenigstens eine Druckabnahme, und bei luftförmigen eine wirkliche Verdünnung experimentell nachweisen, wie diefs in §. 14. geschehen ist. Auch ist diese Abnahme des Drucks schon theoretisch nachgewiesen (D. Bernoulli, *Hydrodynamica Sectio XII.* §. 9. *p.* 262. Poisson, *Traité de mécanique 2ème Edit. II. pag.* 730.). In dem Falle aber, wo wie hier der Strahl in der gleichartigen Substanz sich bewegt, verursacht die Druckabnahme in ihrem Entstehen sogleich ein seitliches Zuströmen, wodurch sich die Masse in dem Strahle vermehrt.

Mit dieser Vermehrung der Masse nimmt die Geschwindigkeit ab. Da aber die bewegende Kraft sich nicht ändert, so wird durch einen entfernteren Querschnitt stets mehr Flüssigkeit in derselben Zeit hindurchgehen, als durch einen der der Einströmungs-Oeffnung näher ist.

Da der Druck, den die Flüssigkeit in ihrer Bewegung ausübt, geringer ist als der der ruhenden, so könnte man glauben, dafs die Voraussetzung, von welcher die obige Betrachtung ausgegangen ist, dafs nämlich kein Theil der bewegenden Kraft in dem Strahle vernichtet werde, nicht

richtig sey, weil ein Theil dieser Kraft nöthig zu seyn scheint, um die Flüssigkeit, welche im Anfange unter einem geringeren Drucke sich befindet, allmälig unter den gröſseren Druck zu versetzen, oder um, wenn statt der tropfbaren eine luftförmige Masse vorhanden ist, diese zu verdichten.

Allein dieſs ist deshalb nicht der Fall, weil die Verminderung dieses Drucks gerade dadurch entstanden ist, daſs die vorangehende Flüssigkeit schneller durch einen Querschnitt des Strahls hindurchgeht als die nachfolgende. Wenn daher durch die Druckverschiedenheit die Geschwindigkeit der ursprünglich sich bewegenden Masse vermindert wird, so wird auch gerade durch sie die seitlich vorhandene, vorher ruhende Masse mit in Bewegung gesetzt, und dadurch der Verlust an bewegender Kraft wieder ausgeglichen.

Es ergiebt sich hieraus:

1) daſs in einem Strahle, welcher entsteht, wenn eine Flüssigkeit in eine gleichartige Masse einströmt, durch jeden Querschnitt, welcher weiter von der Einströmungs-Oeffnung entfernt liegt, in derselben Zeit mehr Flüssigkeit hindurchgeht, als durch einen näher liegenden, und

2) daſs in Folge hiervon der Druck der Flüssigkeit während der Bewegung in dem Strahle geringer ist als im Zustande der Ruhe.

36. Mit Hülfe dieser beiden Sätze erklären sich die oben beschriebenen Erscheinungen sehr einfach. Bei dem in §. 4. erwähnten Versuche von Venturi, bewegt sich durch den Querschnitt SM des Kanals $SMVR$ Fig. 1. Taf. I. mehr Wasser, als in derselben Zeit durch die Röhre CA zufliest, es muſs folglich von dem in dem Gefäſse enthaltenen Wasser mit fortgeführt werden.

Ebenso bewegt sich in dem in §. 5. beschriebenen Versuche durch die weite Röhre ABC Fig. 2. Taf. I. in derselben Zeit mehr Flüssigkeit, als durch die enge Röhre bei a zufliest, und da hier kein Zuströmen von der Seite stattfinden kann, so dringt, in Folge der Verminderung des

Drucks, durch die Oeffnung *BC* die Flüssigkeit aus der Abtheilung *HF* des Gefäfses *EDGF*. Dadurch sinkt die Flüssigkeit in dieser Abtheilung.

37. Sinkt aber die Oberfläche der Flüssigkeit in der Abtheilung *HF* während dieselbe in der Abtheilung *HE* unverändert bleibt, so wirkt der Druck, welcher durch den Unterschied der Niveaus entsteht, der Bewegung entgegen, und es nimmt dadurch die bewegende Kraft ab, so dafs dieselbe in dem Querschnitte der Röhre *AB* bei *A* geringer ist als die, welche während derselben Zeit in der engen Röhre bei *a* wirksam ist. Mit dieser Abnahme wird aber auch die Quantität der Flüssigkeit geringer, welche in der Zeiteinheit durch den Querschnitt hindurchgeht. Es wird daher die Oberfläche in der Abtheilung *HF* so lange sinken bis die Masse der Flüssigkeit, welche in der Zeiteinheit durch einen Querschnitt der weiten Röhre bei *A* hindurchgeht, ebenso grofs ist als die, welche in derselben Zeit durch *a* sich bewegt. — Der Unterschied der Niveaus giebt die oben §. 35. erwähnte Verminderung des Drucks der einströmenden Flüssigkeit zu erkennen.

38. Wenn die Verhältnisse bei diesem Versuche so sind, dafs nachdem die Flüssigkeit in der Abtheilung *HF* bis an den untern Rand der Röhre bei *C* gesunken ist, der Unterschied in dem Stande der Flüssigkeit in beiden Abtheilungen noch nicht hinreicht, um die bewegende Kraft, welche in der Richtung des Strahls wirksam ist, so weit zu vermindern, dafs in Folge dieser Verminderung durch die weite Röhre in derselben Zeit ebenso viel hindurchgeht als durch die Oeffnung bei *a* eintritt; so erfährt das Wasser während der Bewegung in dieser Röhre von *A* her einen geringeren Druck als von *B*, wiewohl der statische Druck d. i. der, welcher wirksam wäre, wenn die Flüssigkeit sich nicht bewegte, von *B* her nur der Druck der Atmosphäre, von *A* aber der der Atmosphäre und noch der durch den Unterschied der Niveaus hervorgebrachte ist. In Folge dieses stärkeren Drucks bei *B* tritt die Luft

durch diese Röhre in das Wasser hinein, wie diefs in dem in §. 6. beschriebenen Versuche sich gezeigt hat.

39. Aus demselben Grunde tritt auch bei dem in §. 7. erwähnten Versuche, wo durch einen dünnen Strahl das Ausfliefsen aus einer weiten Röhre gehemmt wird, die Luft durch diese Röhre in das Wasser hinein, und zwar so lange bis die Flüssigkeit in dem Gefäfse *A* Fig. 3. Taf. I. eine solche Höhe erreicht hat, dafs innerhalb der Röhre der Druck von beiden Seiten derselbe geworden ist. Wird von der innern Seite des Gefäfses der Druck noch gröfser, so beginnt das Wasser abzufliefsen.

40. Nimmt während das Wasser durch die Röhre *de* Fig. 8. Taf. I. fliefst, auch der Druck ab, welchen die Luft ausübt, die sich in dieser Röhre befindet, wie in dem Versuche §. 13.; so wird nur so lange die Luft in das Wasser eindringen und mit diesem fortbewegt werden, bis in der Röhre die Gleichheit des Drucks von beiden Seiten sich hergestellt hat.

41. Die Zunahme der Wirkung des gegen eine Platte strömenden Wassers, welche sich in den in §. 27 bis §. 29. beschriebenen Versuchen herausgestellt hat, findet, wie ich glaube, auch ihre Erklärung darin, dafs der Druck der sich bewegenden Flüssigkeit geringer ist als der der ruhenden. Es bewegt sich nämlich die Flüssigkeit, welche eine ebene Platte trifft, wenn diese grofs genug ist, längs derselben hin, und auch bei dieser Bewegung, parallel der Platte, wird der Druck, welchen die Flüssigkeit während ihrer Bewegung ausübt geringer seyn, als er im Zustande der Ruhe wäre. Es wird deshalb der Druck, welcher gegen die Platte von der Seite, wo die Flüssigkeit sich bewegt, ausgeübt wird, geringer seyn als von der hinteren Seite, wo die ruhende Flüssigkeit gegen die Platte drückt, und zwar wird der Unterschied des Drucks um so gröfser seyn, je gröfser die Geschwindigkeit ist, mit welcher die Flüssigkeit längs der Platte hinströmt und je gröfser das Stück der Platte ist mit dem sie sich parallel bewegt. Die Geschwindigkeit aber ist offenbar gröfser wenn die Platte der Einströ-

mungs-Oeffnung näher ist, als wenn sie weiter von ihr absteht und ebensò ist bei dieser näher befindlichen Platte, bei welcher der Strahl sich noch weniger ausgebreitet hat, das Stück gröfser, neben welchem sich die Flüssigkeit parallel bewegt. Je näher daher die Platte der Einströmungs-Oeffnung ist, um so gröfser ist die Differenz des Drucks den sie von beiden Seiten erfährt, und deshalb ist die Kraft, welche erfordert wird, um die Platte im Gleichgewicht zu erhalten, geringer, wenn sie der Einströmungs-Oeffnung näher ist, als wenn sie weiter von ihr absteht, bis bei zunehmender Entfernung jene Differenz des Drucks verschwindet.

42. Auf eine ähnliche Weise ist leicht zu erklären weshalb, wenn zwei Platten unter Wasser in geringer Entfernung parallel einander gegenüberstehen, und ein Wasserstrahl durch die Mitte der einen mit einiger Gewalt eintritt, sie sich, wie Hachette gezeigt hat, zu einander bewegen, und ebenso auch weshalb solche in der Luft befindliche Platten sich zu einander bewegen, wenn durch die Mitte der einen die Luft mit einiger Geschwindigkeit gegen die andere strömt.

43. Aus dem seitlichen Zuströmen, welches stattfindet, wenn eine Flüssigkeit in die gleichartige Substanz einströmt, (§. 31 bis §. 34.) ergiebt sich als eine nothwendige Folge, dafs wenn diefs Einströmen mit hinreichender Geschwindigkeit geschieht, eigenthümliche wirbelnde Bewegungen entstehen müssen, wie diefs auch der in §. 30 beschriebene und auf Fig. 11. Taf. I. abgebildete Versuch deutlich zeigte. Wenn die Oeffnung nicht zu klein, und namentlich in verticaler Richtung ziemlich ausgedehnt ist, so können bei hinreichender Geschwindigkeit des Wassers trichterförmige Vertiefungen entstehen, weil das Wasser im Innern einer solchen wirbelnden Bewegung dem am Rande derselben sich bewegenden fortwährend zuströmt, wodurch der Druck in der Mitte vermindert wird.

44. Ein ganz ähnlicher Vorgang findet auch bei luftförmigen Körpern statt. Es wird genügen an die eigen-

thümlichen Bewegungen des aufsteigenden Rauches zu erinnern. Aber auch die spiralförmige Fortpflanzung, die man bei heftigen Winden und Stürmen beobachtet hat, beruhen, wenn ich nicht irre, auf einem solchen Zuströmen der Luft nach der in Bewegung befindlichen. Selbst das merkwürdige Phänomen der sogenannten Wasserhosen läfst sich leicht hierdurch erklären, denn wenn ein Wind mit hinreichender Geschwindigkeit sich wirbelförmig in einiger Höhe über dem Wasser bewegt, so wird die Luft im Innern dieser Wirbel zu der am Rande sich bewegenden hinströmen, es wird dadurch der Luftdruck im Innern dieser Wirbel vermindert und in Folge dessen hebt sich das Wasser und nimmt an jener wirbelnden Bewegung mit Antheil. Aehnliche Erscheinungen, die auf dem seitlichen Zuströmen einer Flüssigkeit beruhen, liefsen sich noch manche anführen, doch mögen diese genügen.

Zusatz über das Wassertrommel-Gebläse.

Zum Schlufs kann ich nicht unterlassen noch eine Vorrichtung anzuführen, die auf den vorher §. 15 bis §. 22 erwähnten Erscheinungen des Eindringens von Luft in eine Flüssigkeit beruht. Es ist diefs das sogenannte Wassertrommel-Gebläse, das nach Grignon[1]) etwa ums Jahr 1640 in Italien erfunden seyn soll. Ein solches ist in Fig. 13. Taf. I. nach der Beschreibung abgebildet, welche Richard in seinen „*Etudes sur l'art d'extraire immédiatement le fer de ses minérais p.* 169" giebt.

B ist ein Behälter der durch den Kanal *Z* stets voll Wasser gehalten wird.

A und *A* sind zwei Röhren oder ausgehöhlte Bäume etwa 13 Fufs hoch, von denen hier die eine im Durchschnitt dargestellt ist.

C. *C* ist ein luftdicht schliefsender Kasten von Holz oder auch ein Fafs.

Die

1) *Mémoires de Physique p.* 196.

Die Röhren *AA* werden nach oben etwas weiter. An dieser Stelle sind 2 gegen einander geneigte Bretter *pp* in eine jede eingesetzt, welche eine trichterförmige Verengung bilden und durch die Hölzer *tt* von einander entfernt gehalten werden.

Unter dem unteren Rande dieser Bretter sind in den Röhren mehrere Oeffnungen *ee* angebracht, durch welche Luft eindringen kann. Aehnliche Oeffnungen befinden sich, nach Richard's Angabe, auch etwa in der halben Höhe dieser Röhren bei *e'e'*, doch fliefst durch diese, wie er anführt, zuweilen Wasser aus, weshalb es wohl zweckmäfsiger seyn würde sie fortzulassen.

Werden die konischen Verschlusse *k* der trichterförmigen Oeffnungen *pp* in die Höhe gezogen, so fällt das Wasser durch die Röhren hinab, und es wird zugleich Luft durch die Oeffnungen *ee* eingesaugt [1]). Indem diese von dem Wasser in den Kasten *CC* hinabgeführt wird, vermehrt sich die Luft in demselben, und strömt durch das Rohr *H* und die Oeffnung bei *b* aus.

In dem unteren Theile des Kastens *CC* ist bei *q* eine Oeffnung angebracht, durch welche das herabfallende Wasser abfliefsen kann. Die Gröfse derselben ist so abgeglichen, dafs die Oberfläche des Wassers in dem Kasten *CC* niemals bis zu dieser Oeffnung sinkt. Um diefs zu erreichen ist gewöhnlich vor derselben noch ein Kasten angebracht, in dem das Wasser erst in die Höhe steigen mufs, um über seinen oberen Rand fortzufliefsen.

Soviel auch über diese Art der Gebläse [2]), die in ei-

1) Statt die Luft durch die Oeffnungen *ee* einsaugen zu lassen hat man auch die Einrichtung, dafs statt der Bretter *pp* in jede Röhre zwei hölzerne Trichter eingesetzt werden, die so hoch sind, dafs sie über die Oberfläche des Wassers hervorragen. Das Wasser fliefst dann durch den Zwischenraum zwischen diesen Trichtern in die Röhre *A* hinab, dadurch sinkt das Wasser in den Trichtern selbst und es tritt durch dieselben Luft in die Röhre hinein.

2) Dieselben werden hauptsächlich bei der unmittelbaren Gewinnung des Schmiedeeisens aus den Erzen (*Forges catalanes*) benutzt, und nach

nigen Departements des südlichen Frankreichs sehr viel in Anwendung sind, geschrieben worden, und so ausführlich und genau die Beschreibung ist, welche Richard in dem oben erwähnten, i. J. 1838 zu Paris erschienenen, Werke davon giebt, so ist doch der eigentliche physikalische Grund, auf welchem das Hinabdringen der Luft beruht, noch ganz unbekannt.

Richard ist auf denselben gar nicht eingegangen. Von älteren Schriftstellern behauptete im vorigen Jahrhunderte Justi[1]), dafs das Wasser sich bei heftiger Bewegung in Luft verwandle, und Venturi[2]) erklärte im Jahre 1800 die Wirkung dieser Gebläse durch die seitliche Mittheilung der Bewegung des Wassers. Eine solche würde voraussetzen, dafs eine so starke anziehende Kraft zwischen Luft und Wasser vorhanden sey, dafs die Luftblasen bis tief unter die Oberfläche hinabgeführt werden, was, wie ich schon früher in §. 16. erwähnt habe, nicht gut denkbar ist. Aufserdem habe ich dort einen Versuch angeführt, der, wie ich glaube, diese Ansicht vollständig widerlegt.

Um indefs den Vorgang bei dem Wassertrommel-Gebläse näher kennen zu lernen, habe ich dasselbe im Kleinen aus Glas nachgebildet, in der Art wie es in Fig. 14. Taf. I. dargestellt ist.

N bezeichnet den Wasserbehälter, an welchem die 6 Zoll lange Röhre *ab* mittelst eines Korks befestigt ist. Das untere Ende derselben ragt in das obere Ende der Röhre *cd*. Diese ist 6,5 Fufs lang und hat einen innern Durchmesser von $\frac{3}{4}$ Zoll. Bei *d* geht sie durch den Kork, welcher die Flasche *AB* verschliefst und endet bei *g*, etwa zwei Zoll über dem Boden der Flasche. Durch den Kork *d* gehen noch zwei Röhren, nämlich *de*, die mittelst des Hahnes *e* verschlossen werden kann, und *hik*, die als Manometer dient und von *i* bis *k* mit Quecksilber gefüllt ist.

Richard's Angabe bedienten sich im Departement de l'Ariége im Jahre 1838 alle Schmieden, bis auf eine oder zwei, nur dieses Gebläses.

1) Schauplatz der Künste und Handwerke Bd. II. S. 97. Anmerk.

2) Gilberts Annalen III, 129.

Wenn die Röhre *ab* an ihrem unteren Ende bei *b* eine Oeffnung von 0,4 Zoll im Durchmesser hatte und das Wasser durch dieselbe hinab flofs, so wurde eine nicht unbedeutende Menge von Luft in die Flasche *AB* mit hinab gerissen. Es vermehrte sich der Druck, und indem das Manometer bei *k* stieg, hob sich zugleich das Wasser in der Röhre *cdg*. Durch Oeffnen des Hahnes *e* wurde das Ausströmen der Luft, und durch den Hahn *D* das Abfliefsen des Wassers aus der Flasche so geregelt, dafs der Stand des Wassers in *cdg* auf einer constanten Höhe blieb. Lag diese etwa 3 Fufs über der Oberfläche *AB* des Wassers in der Flasche, und hatte die Oeffnung *b* wie schon erwähnt 0,4 Zoll im Durchmesser, so sah man eine Menge kleiner Luftblasen, die sich in der ganzen Breite des Rohrs gleichförmig mit dem Wasser hinab bewegten. War der Durchmesser bei *b* gröfser, so fand die Bewegung schneller statt, und man konnte die Blasen nicht mehr gehörig verfolgen. War die Oeffnung *b* hingegen enger, hatte sie z. B. nur 0,2 Zoll im Durchmesser, so entstanden bei *f* zwar Blasen von Luft, allein dieselben gelangten nicht bis an den unteren Theil der Röhre, sondern nachdem sie bis zu einiger Tiefe hinabgekommen waren, stiegen sie in Folge ihres geringeren specifischen Gewichts wieder in die Höhe. Nur einzelne ganz kleine Blasen wurden bis zur Tiefe von etwa 24 Zoll hinabgeführt.

Offenbar bilden die Luftblasen sich da, wo der herabfallende Strahl die Oberfläche *f* des Wassers in der Röhre trifft, und hier werden sie von dem Wasser ganz umschlossen, und von diesem mit fortbewegt. Ist nun die Kraft mit welcher diese Bewegung stattfindet so grofs, dafs die Blasen schneller hinab bewegt werden, als sie in Folge ihres specifischen Gewichts steigen würden, so werden sie in die Flasche *AB* gelangen. Diefs wird aber nur eintreten, wenn erstens die Fallhöhe des Wassers bis zur Oberfläche *f* hinreichend ist, damit dasselbe tief genug unter diese hinabdringt, und wenn zweitens die Oeffnung *b* einigermafsen beträchtlich ist im Verhältnifs zu dem Durch-

messer der Röhre *cdg*, denn nur alsdann wird die ganze Wassermasse in dieser Röhre sich mit hinreichender Geschwindigkeit abwärts bewegen. Ist hingegen die Oeffnung *b* nur klein im Verhältnifs zu dem Durchschnitt von *cdg*, so ist die Bewegung des Wassers in dieser Röhre auch nur gering, und die Luft wird sich in Folge hiervon schneller auf als abwärts bewegen.

Ist die Oeffnung *b* nicht viel kleiner als der Durchschnitt der Röhre *cdg*, so verschliefst das herabfallende Wasser diese Röhre, selbst wenn dieselbe, statt bis *g* herabzugehen, schon unmittelbar unter dem Korke *d* endet. Es nimmt auch dann das Wasser, wie in dem ebenerwähnten Versuche, eine dem Drucke der Luft in der Flasche entsprechende Höhe in der Röhre an, und überhaupt findet die Erscheinung ganz auf dieselbe Weise statt, wie wenn die Röhre *cd* bis unter die Oberfläche *AB* des Wassers in der Flasche hinabgeht. Es ist deshalb auch bei dem Wassertrommel-Gebläse nicht nöthig, dafs die Röhren *AA* Fig. 13. Taf. I. bis unter die Oberfläche des Wassers in der Trommel *CC* hinabgehen.

Diese Versuche zeigen, dafs hier derselbe Vorgang stattfindet, den man so häufig Gelegenheit hat zu beobachten, wenn man eine Flüssigkeit in ein Glas eingiefst, wobei gleichfalls Luftblasen mit hinabgeführt werden. Ich glaube diesen Vorgang früher §. 18 bis §. 20. hinreichend auseinander gesetzt zu haben, und führe die Versuche in Betreff des Wassertrommel-Gebläses hier nur an, um zu zeigen, dafs die Art wie die Luft bei demselben fortgeführt wird, sich vollkommen jenen früher beschriebenen Vorgängen anschliefst.

II. *Ueber die Härte der Mineralien und ein neues Verfahren dieselbe zu messen;*
von Rudolph Franz.

Da mir das Verfahren, das wir nach Haüy's Vorgange bis jetzt zur Bestimmung der Härte der Mineralien angewandt haben, von jeher als ein höchst ungenaues und besonders zur Vergleichung der Härte desselben Krystalles nach verschiedenen Richtungen völlig unbrauchbar erschienen ist, so richtete ich schon längt alle Aufmerksamkeit auf die Auffindung eines andern Verfahrens; und nicht umsonst. Ehe ich jedoch darauf eingehe, dasselbe darzulegen, mufs ich zuvor noch mit einigen Worten mich darüber erklären, welchen Sinn ich mit dem Ausdruck „Härte eines Minerals“ verbinde. Mir scheint nämlich die Härte eines Minerals diejenige Kraft desselben zu seyn, welche seine Theilchen zusammenhaltend, dem Körper, der diese zusammenhangenden Theilchen trennen will, Widerstand leistet. Sie ist also diejenige Kraft des Minerals, welche das Eindringen eines Körpers in das Mineral verhindert, und zugleich der Fortbewegung einer in die Oberfläche eingedrückten Spitze sich entgegenstellt. Das Maafs dieser Widerstandskraft ist nun aber offenbar der Druck, welcher angewandt werden mufs, um den Körper zum Eindringen in das Mineral zu bringen. Schon Frankenheim hat in seiner Abhandlung über die Härte der Krystalle [1]) diese in demselben Krystall nach verschiedenen Richtungen verschiedene Widerstandskraft zu vergleichen versucht. Ich bin von dem Verfahren, das Frankenheim in Anwendung gebracht hat, der, wie er sagt, die Kraft die erforderlich war, um den Stein zu ritzen, allein mit der Hand gemessen hat, abgewichen, und es ist nun der Zweck dieser Zeilen, mein Verfahren als ein geeignetes auseinander zu setzen.

1) Zeitschrift für Physik und Mathematik Bd. 9. Wien 1831.

Zuerst beschreibe ich das Instrument, das ich mir, nach meiner Angabe durch den Berliner Mechanikus Rühe habe verfertigen lassen. Taf. II. Fig. 1. Es besteht aus drei Haupttheilen:

1. Aus einer Tafel, auf welche die Mineralien gelegt werden. Das Mineral wird nämlich auf einen hölzernen Würfel, der mittelst Schrauben auf der Tafel *s* festgehalten wird mit Wachs aufgeklebt, oder mittelst Gyps in eine eiserne Form, die nun an die Stelle des Würfels tritt, eingelassen, so dafs die zu untersuchende Oberfläche horizontal liegt, welche Lage hervorzubringen ich mich bei grofsen Flächen einer Libelle bediente; die kleineren stellte ich nach dem Augenmaafse ein.

2. Aus einem einen Fufs langen eisernen Balken *ab*, der mittelst zweier Schrauben *k* in der Schwebe gehalten wird. An dem Ende desselben, welches über der Tafel (1.) schwebt, ist ein Täfelchen *b* zum Auflegen von Gewichten befestigt; an dem andern Ende ist ein verrückbares Gewicht *a* angebracht, durch welches vor dem Versuch das Gleichgewicht des Balkens hergestellt wird. Zwei Schrauben *m* und *n* sind an dem Unterstützungsgestell, auf welchem der Balken hängt, so angebracht, dafs durch sie der Balken hoch oder niedrig geschraubt und dann in dieser Lage festgehalten werden kann, je nachdem es die Höhe des zu untersuchenden Minerals verlangt. Eine excentrische Scheibe, durch *g* drehbar, dient dazu, bei Beschwerung des Täfelchens mit Gewichten, den Balken festzuhalten. Wird die Scheibe gedreht, so berührt die unterhalb des Täfelchens angebrachte Spitze *h* das Mineral.

3. Der dritte Bestandtheil des Instruments sind nämlich zwei Spitzen, welche in den unter dem Gewichtstäfelchen *b* befestigten Cylinder eingelassen werden, die eine ein stählerner Kegel von 54° Oeffnung, $13^{gr.}$ schwer, die andere ein in Blei gefafster Diamantkrystall, der mit der Hülse ein Gewicht hat von $2{,}5^{gr.}$.

Das Verfahren ist nun folgendes:

Zuerst wird eine Glasscheibe auf die Oberfläche des Minerals gelegt und der Balken so weit hinuntergelassen,

bis die Spitze das Glas berührt; dann wird das Glas wieder hinweggenommen, die excentrische Scheibe gedreht, und nun drücken die auf das Täfelchen gelegten Gewichte die Spitze *h* in das Mineral ein. Die dazwischen gelegte Glasscheibe bewirkte, daſs die Spitze immer ganz senkrecht die Oberfläche des Minerals berührt. Darauf muſs nun das Mineral selbst langsam fortbewegt werden, was mittelst einer weiteren Schraube *fc* geschieht, welche die Platte *s*, auf der der hölzerne Unterlagswürfel ruht, fortbewegen kann. Endlich wird das Gewicht festgestellt, welches auf das Gewichtstäfelchen gelegt werden muſs, damit ein Strich von der Spitze auf der Oberfläche des Minerals bemerkdar werde. Da nun bei mehreren Mineralien, der Unterschied der Gewichte, die nöthig waren um mit dem Diamant zu ritzen, ein sehr geringer war, bediente ich mich zur Bestimmung der Härte dieser weicheren Mineralien der Stahlspitze. Die Platte *s*, auf welcher der hölzerne Würfel steht, kann gedreht werden und ist mit einer Kreistheilung versehen. Nun ist aber selbst die Stahlspitze unzureichend, mit ihr einen sehr kleinen Unterschied im Widerstande nach verschiedenen Richtungen derselben Fläche zu messen; und so bin ich genöthigt gewesen noch ein zweites von dem Mechanikus Etter in Bonn verfertigtes Instrument anzuwenden, Taf. II. Fig. 2., das folgendermaſsen zusammengesetzt ist:

An den Seiten der unter 1. beschriebenen Platte sind auf dem Gestell, welches das ganze Instrument trägt, zwei stählerne Schienen $\alpha\beta$ angebracht, auf denen sich zwei Rädchen ε mit groſser Leichtigkeit bewegen können. Auf den Axen dieser Rädchen senkrecht stehen zwei Metallstäbe, die oben durch einen Querbalken verbunden sind, von dessen Mitte wieder ein horizontaler Arm $\zeta\vartheta$ ausgeht, der an seinem Endpunkte die Spitze hält. Dieser Arm kann, je nachdem die Gröſse des Minerals es fordert, gehoben und gesenkt werden. Ein an dem Cylinder der Spitze ϑ befestigter Faden ist über ein Rad η gezogen und trägt eine Waagschale x. Die Spitze selbst kann beliebig beschwert werden. Dieſs Instrument, wird nun so mit dem

vorigen Gestell verbunden, dafs das Rad η über welches der die Waagschale tragende Faden geht, auf dem Gestell, das den unter 2. beschriebenen Balken trägt, nach dessen Entfernung befestigt wird; dabei bleibt die in Grade getheilte Unterlage *s* in Anwendung.

Das Gewicht, welches auf die Waagschale *k* gelegt werden mufs, damit die Spitze fortbewegt werde, ist das Maafs des Widerstandes der Köpertheilchen. Dieser Widerstand ist ohne Zweifel um so gröfser, je tiefer die Spitze in das Mineral eindringt. Vergleichen wir daher die Wirkung dieses und des vorigen Instruments, so entspricht dem auf der Waagschale *x* zur Fortbewegung der Spitze nothwendigen gröfseren Gewicht das kleinere auf die Gewichtstafel *b* des vorigen aufzulegende.

An Stelle der Gewichte schüttete ich Sand auf die Waagschale, den ich dann später abwog.

Nachdem ich so die Instrumente, deren ich mich bei meinen Versuchen bediente, zu beschreiben versucht habe, kann ich nun zu diesen selbst übergehen. Zuerst suche ich durch dieselben die Härte je ein und desselben Minerals nach verschiedenen Richtungen festzustellen, dann aber zweitens will ich versuchen die Härte derjenigen Mineralien aus denen Mohs seine Härtescala zusammen gesetzt hat, zu vergleichen, mich jedoch beide Male auf die von ihm genannten Steine beschränkend mit Hinzufügung nur weniger Andern.

I. Von den Gesetzen, welche die Härteunterschiede in denselben Mineralien befolgen.

1. Talk.

Am Talk habe ich keine Härteunterschiede nach verschiedenen Richtungen gefunden, obgleich er zum rhombischen System gehört. Die Ursache davon suche ich darin, dafs ich trotz aller angewandten Mühe kein Exemplar auftreiben konnte, welches eine regelmäfsige Spaltungsfläche dargeboten hätte. Zur Fortbewegung der völlig unbeschwerten Spitze waren 49,10$^{gr.}$ erforderlich, wobei also der Cy-

linder (in dem die Spitze befestigt war) nebst der Tafel mit einem Gewicht von 48gr. und die Stahlspitze selbst mit einem Gewicht von 13gr. drückten.

2. Gyps.

Auch am Gyps war bei Anwendung der ersten Verfahrungsart kein Unterschied nach den verschiedenen Richtungen zu bemerken; deshalb ging ich zur zweiten über. Ich klebte also den Gyps an den Würfel mit Wachs an, so dafs die Stahlspitze in der Ebene der vollkommensten Spaltbarkeit der kürzeren Diagonale folgte, und so bei 0° (s. die folgende Tabelle) den stumpfen Winkel des Rhombus theilte. Die bei den verschiedenen Richtungen zur Fortbewegung der Spitze nöthigen Gewichte sind folgende:

bei 0°	sind	nöthig	21,71gr. [1])
- 5°	-	-	20,90 -
- 10°	-	-	18,46 -
- 15°	-	-	18,00 -
- 20°	-	-	17,75 -
- 25°	-	-	20,57 -
- 30°	-	-	22,84 -
- 35°	-	-	23,55 -
- 40°	-	-	24,27 -
- 45°	-	-	24,80 -
- 50°	-	-	24,30 -
- 55°	-	-	25,65 -
- 60°	-	-	26,42 -

1) Die Zahlen der Gewichte sind die arithmetischen Mittel aus acht Experimenten. Die Gewichte der einzelnen acht Experimente sind folgende:

0°	5°	10°	15°
17,5	18,3	22,0	20,0
16,5	18,2	21,7	23,7
16,6	17,1	18,3	20,3
18,7	18,4	20,4	19,8
19,6	21,0	24,6	25,7
17,7	17,7	20,0	23,0
20,8	20,5	21,7	22,5
16,7	16,5	18,5	19,3.

bei 65°	sind nöthig	26,85gr.
- 70°	- -	28,22 -
- 75°	- -	28,92 -
- 80°	- -	30,12 -
- 85°	- -	30,00 -
- 90°	- -	30,80 -
- 95°	- -	34,05 -
- 100°	- -	35,00 -
- 105°	- -	37,10 -
- 110°	- -	40,35 -
- 115°	- -	36,85 -

u. s. w. abnehmend.

Daraus ergiebt sich, dafs die gröfste Härte des Gyps in der Linie ist, welche von der kürzeren Diagonale ungefähr um 20° abweicht und sich der zweiten Spaltungsrichtung nähert. Die Richtung in welcher sich die geringste Härte zeigt steht senkrecht auf der der gröfsten, ungefähr 14° gegen die dritte Spaltungsrichtung geneigt.

Der untersuchte Gyps war vom Mont Martre bei Paris. Bei einem andern Gyps aus der Gegend von Gotha war das Verhältnifs der Gewichte in den verschiedenen Richtungen dasselbe, obgleich wegen der geringeren Härte dieses Minerals gröfsere Gewichte angewandt werden mufsten.

Bei dem gothaischen Gyps läfst sich in der Ebene der vollkommensten Spaltbarkeit (bei Anwendung des ersten Verfahrens) schon unter dem Druck eines Gewichts von 0,7gr., an dem vom Mont Martre aber in derselben Ebene erst bei einem Gewicht von 1,5gr. ein Ritz entdecken. In der zweiten Spaltungsebene des weicheren Gypses, die ich hatte anschleifen lassen, nahm ich die erste Wirkung der Stahlspitze bei einem Gewichte von 1,5gr. mit dem Auge wahr. Der härtere Gyps liefs sich nicht so schleifen, dafs er eine andere als die Fläche der besten Spaltbarkeit dargeboten hätte, weil er unter dem Schleifen immer in kleine Stücke zerbröckelte.

Da die Stahlspitze durch härtere Mineralien leicht angegriffen wurde, so schärfte ich sie täglich, ehe ich Ver-

suche anstellte, an einem Schleifstein, bis sie den gothaischen Gyps bei einem Gewichte von 0,7gr. ritzte, und so glaube ich annehmen zu dürfen bei allen Versuchen stets eine gleiche Schärfe der Spitze gehabt zu haben.

3. Kalkspath.

Ich stellte die Versuche mit Kalkspath auf den Rhomboëderflächen an, die ich leicht durch Spaltung erneuen konnte, sobald sie durch Versuche rauh geworden waren. In diesen Flächen war der Unterschied des Widerstandes so grofs, dafs sich das zweite Instrument zur Beobachtung untauglich zeigte. Denn ehe ich die Spitze in der Richtung des gröfsten Widerstandes fortbewegen konnte, schlug der ganze Apparat um, so dafs ich zu dem ersteren Verfahren zurückkehrte. Mittelst dieses fand ich nun die gröfste Härte in der kürzeren Diagonale, wenn ich die Stahlspitze von der stumpfen Ecke des Rhomboëders nach der spitzen bewegte (0°) die geringste in derselben Linie aber in entgegengesetzter Richtung. In der gröfseren Diagonale geben beide Bewegungen dasselbe Resultat.

Die zum Ritzen nöthigen Gewichte sind folgende:

Bei 0°	sind	erforderlich:	12,87gr. [1])
- 15	-	-	12,25 -
- 30	-	-	11,12 -
- 45	-	-	9,87 -
- 60	-	-	9,17 -
- 75	-	-	8,87 -
- 90	-	-	7,50 -
- 105	-	-	6,75 -
- 120	-	-	6,80 -
- 135	-	-	6,10 -
- 150	-	-	5,20 -
- 165	-	-	3,90 -
- 180	-	-	3,50 -

1) Das Maximum und Minimum der gefundenen Gewichte war:

bei 0°	Max. 14,5	Min. 9
- 15	- 14	- 9
- 30	- 13	- 8,5
- 45	- 11,5	- 7,5 u. s. w.

Der Kalkspath, dessen ich mich zu diesen Versuchen bediente, war aus Island. An anderen Kalkspathen fand ich die geringste und gröfste Härte in denselben Richtungen, weil sie aber härter waren, waren auch gröfsere Gewichte sie zu ritzen erforderlich. Z. B. beim Kalkspath aus der Gegend von Brilon in Westphalen ist das Verhältnifs der Gewichte folgendes:

die gröfste Härte wird überwunden durch 13,5gr. (0°)
die geringste - - - - 5,5 - (180°)
in der gröfseren Diagonale sind erforderlich 8,0 - (90°)

Kalkspath aus Island von besonderer Härte gab folgende Gewichtszahlen:

bei 0° mufsten aufgelegt werden 15,2gr.
- 90° - - - 10,5 -
- 180° - - - 7,0 -

Diese durchaus sicheren Ergebnisse stimmen jedoch nicht mit dem was Frankenheim in seiner Abhandlung anführt, welcher die gröfste Härte in den der gröfseren Diagonale parallelen Linien gefunden haben will, die geringste in derselben wie ich [1]). Dafs Frankenheim aber darin im Irrthum ist, läfst sich am besten durch folgenden von mir angestellten Versuch zeigen:

Ich befestigte den Kalkspath auf den Würfel, und drehte nun die Platte mit dem Krystall so, dafs die Spitze auf dem Krystall einen Kreis beschrieb. Nachdem ich nun ein gehöriges Gewicht aufgelegt, fand ich die tiefste Furche in der Kreisperipherie in der Richtung der kürzeren Diagonale nach der stumpfen Ecke zu, gar keine auf der gegenüberliegenden Seite der Peripherie, eine ganz schwache Furche aber in den beiden der längeren Diagonale parallelen Richtungen. Drehte ich den Krystall in entgegengesetzter Hichtung, so war auch das Resultat das entgegengesetzte.

Da dieser Versuch so deutlich und handgreiflich die grofse Verschiedenheit der Härte nach verschiedenen Richtungen darthut, so ist es zu bedauern, dafs die Flächen

1) Seite 337 des oben angeführten Buches.

an den Krystallen, welche grofse Härteunterschiede zeigen, zu klein sind, als dafs sich derselbe an ihnen anstellen liefse.

4. Flufsspath.

Die geringsten Härteunterschiede scheinen in den Octaëderflächen des Flufsspaths zu seyn. In den Würfelflächen aber fand ich (nach dem zweiten Verfahren) den gröfsten Widerstand in den Diagonalen, den geringsten aber in den den Würfelkanten parallelen Richtungen. Um jedoch den Unterschied zu vergröfsern, stellte ich die Versuche an, nachdem ich die Spitze mit 150$^{gr.}$ beschwert hatte; dann waren die Zahlen der zur Fortbewegung der Spitze nöthigen Gewichte folgende:

bei 0° (welches die Richtung der Diagonale ist) 33,0$^{gr.}$
- 45° 24,3$^{gr.}$

So ergiebt sich die geringste Härte in der Richtung der Diagonalen, die gröfste aber in den den Würfelkanten parallelen Linien.

Die angewandten Krystalle waren aus der Grafschaft Devonshire.

5. Apatitspath (Moroxit).

Ich habe bis jetzt noch keinen Apatit erlangen können, der sich in der vollkommensten Spaltungsebene (senkrecht zur Axe des Krystalls) hätte schleifen lassen. Die Flächen der sechsseitigen Säule selbst waren sehr glatt, die durch die Spaltungsrichtung hervorgebrachten Risse hinderten aber, dafs die Zahlen der zur Fortbewegung der Spitze auf dieser Fläche nöthigen Gewichte ganz sicher waren. Doch zeigte sich der Krystall (auf der Seitenfläche der Säule) weicher in der Richtung der Axe des Krystalls, welche senkrecht auf der Ebene der besten Spaltungsrichtung steht, härter dagegen in der Richtung der Spaltung selbst.

6. Feldspath.

Die Feldspathkrystalle, deren ich mich bediente, waren so rauh und zerbrechlich, dafs ich sie weder so anwenden

konnte, wie ich sie fand, noch durch Schleifen geeignet machen, die Härte an ihnen in verschiedenen Ebenen und nach verschiedenen Richtungen hin zu messen. Deshalb mufste ich mich dichter Steine bedienen, an denen sich natürlich keine Unterschiede dieser Art finden lassen konnten.

7. Quarz.

Von diesem Mineral an mufs die Stahlspitze mit dem Diamant vertauscht werden, mit dem aber die Versuche viel schwerer anzustellen sind. Es ist namentlich nöthig, dafs die Spitze des Diamants vollkommen senkrecht auf die Krystallfläche drücke, somit die Fläche selber vollkommen horizontal liege, da die geringste Abweichung einen bedeutenden Gewichtsunterschied bedingt. Deshalb richtete ich die Krystallfläche des Quarzes und der härteren Mineralien dadurch horizontal, dafs ich auf dieselbe eine gröfsere Glastafel legte, und auf diese eine Libelle stellte. Nach solcher sorgfältigen Einstellung nahm ich nun wahr, dafs der Krystall die geringste Härte in der Richtung der Axe hat, denn der gröfste Widerstand wurde überwunden (bei Anwendung der zweiten Verfahrungsweise) in der Richtung der Axe des Krystalls (die Spitze selbst war mit 200gr. beschwert):

	bei 0°	durch ein Gewicht von	33,5 gr.
d. geringste	- 90°	- - - -	17,45 -.

In der Fläche des primären Rhomboëders fand ich keinen Unterschied in der Härte nach verschiedenen Richtungen.

Die Krystalle waren aus Schlesien und von verschiedenen Bergen der Schweiz.

Ein anderes Ergebnifs ist noch nicht hinlänglich geprüft, als dafs ich es jetzt schon für ganz zuverlässig ausgeben könnte. Die Härte schien mir nämlich eine andere zu seyn in der Richtung der Säulenfläche, die zu einer oberen Rhomboëderfläche gehörte, von oben nach unten, als von dem unteren Ende zur Rhomboëderfläche hin, welcher Unterschied in der folgenden Säulenfläche der umge-

kehrte zu seyn schien. Diesen Umstand will ich jedoch in einer andern Abhandlung noch schärfer ins Auge fassen und tiefer zu ergründen versuchen.

8. Topas.

Da ich nur kleine Topaskrystalle erhalten konnte, war es höchst schwierig die zu prüfende Fläche horizontal zu stellen; jedoch erhellt aus den Versuchen, dafs die Ebene der Säulenfläche weicher ist in der Richtung der Axe der Säule, als in der auf ihr senkrechten Richtung und ferner dafs die Ebene, welche die beste Spaltungsrichtung darbietet und auf der Krystallaxe senkrecht steht, weicher ist als die Seitenfläche der Säule.

Die Zahlen der zum Ritzen eines brasilianischen Topases nöthigen Gewichte sind folgende:

In der Hauptspaltungsfläche 42,5$^{gr.}$

In der Seitenfläche der Säule (mittel) 45$^{gr.}$

9. Sapphir.

An den ausgezeichnetsten Sapphirkrystallen konnte ich keine Härteunterschiede entdecken, weder in verschiedenen Flächen noch nach verschiedenen Richtungen, obwohl die Form der Krystalle dem hexagonalen System angehört.

10. Diamant.

Den Diamant konnte ich nicht ritzen.

Disthen (Cyanit).

Es sey mir gestattet noch einen Krystall hinzuzufügen, dessen Härteunterschiede auf verschiedenen Flächen schon Haüy aufgefunden hat[1]), und die sich sehr leicht bemerken lassen; jedoch sind auch nach verschiedenen Richtungen derselben Fläche grofse Unterschiede leicht bemerkbar. Diese untersuchte ich zuerst in der Ebene der vollkommensten Spaltbarkeit, welche zugleich die gröfsere Seitenfläche der von mir untersuchten Krystalle war. Ich fand

1) Haüy's Mineralogie. Paris und Leipzig 1806. Bd. 3, S. 276.

mittelst des ersten Instrumentes folgende Unterschiede, wenn 0° die der Axe der Säule parallele Richtung ist:

Mit der Diamantspitze ritzte ich

bei 0°	durch ein Gewicht von	6,87gr. [1])
- 15°	- - - -	8,16 -
- 30°	- - - -	9,33 -
- 45°	- - - -	10,02 -
- 60°	- - - -	11,17 -
- 75°	- - - -	12,02 -
- 90°	- - - -	13,10 -

Das Maximum und Minimum des Widerstandes wurde bei dem zweiten Instrument, wenn die Spitze mit 30gr. beschwert war, überwunden:

bei 0°	durch ein Gewicht von	42,2gr.
- 90°	- - - -	20,3 -

Die Unterschiede nach entgegengesetzten Richtungen sind so gering, daſs sie die Gränzen der Beobachtungsfehler nicht überschreiten. Bei den kleineren Flächen meiner Säulen, die Haüy Lateralflächen nennt, sind die zum Ritzen nöthigen Gewichte folgende:

bei 0°	war ein Gewicht nöthig von	12,13gr. [2])
- 15°	- - - - -	14,33 -
- 30°	- - - - -	16,14 -
- 45°	- - - - -	19,35 -
- 60°	- - - - -	22,20 -
- 75°	- - - - -	24,17 -
- 90°	- - - - -	26,30 -

Die

1) Das Maximum und Minimum der Gewichtszahlen in derselben Richtung [illegible]

bei 0°	Max. 7,5gr.	Min. 6,0gr.
15	- 9,0	- 7,0
- 30	- 10,0	- 9,0
45	- 10,5	- 9,0
60	- 12,5	- 10,0
75	- 14,0	- 10,5
- 90	- 15,0	- 12,0.

2) Der Unterschied der Zahlen auf dieser Fläche ist nicht gröſser als bei ben auf der andern Fläche.

Die Disthenkrystalle, deren ich mich bediente waren vom St. Gotthard.

Aus allen diesen Versuchen lassen sich nun folgende Gesetze ableiten:

Die Ursachen der gröfseren oder geringeren Härte in ein und derselben Krystallfläche sind die Spaltungsrichtungen. *Die Richtung, welche auf der Spaltungsrichtung senkrecht steht in der Fläche, welche die Spaltungsebenen durchschneiden, ist die weichste; die härteste Richtung im Krystall ist diejenige, welche den Spaltungsebenen parallel ist.* Wenn der Krystall von zwei Spaltungsrichtungen in einer Fläche durchschnitten wird, so nähert sich auf dieser Fläche die gröfsere Härte der besseren Spaltungsrichtung. Je geringer die Leichtigkeit ist, mit welcher sich ein Krystall spalten läfst, desto mehr verschwinden im Allgemeinen diese Härteunterschiede. Am Flufsspath und am Quarz sind sie, obgleich sehr gering, noch wahrnehmbar; am Topas konnte ich gewisse Unterschiede in derselben Fläche nicht entdecken. Es leuchtet nämlich ein, dafs bei Krystallen von grofser Härte, bei denen die Gränzen der Beobachtungsfehler zu weit auseinandergehen, diese kleinen Unterschiede, die ja natürlich geringer sind, als die an den ersten Krystallen der Reihe beobachteten Unterschiede, schwerer aufzufinden sind.

Alle oben angeführten Krystalle folgen diesem Gesetze. Beim Gyps nähert sich die gröfste Härte der Richtung der besseren Spaltbarkeit. Der Apatitspath folgt demselben Gesetze. Beim Quarz sind die Spaltungsrichtungen parallel den Flächen der Kernform, und deshalb habe ich die gröfste Härte in den Seitenflächen der Säule in der Richtung der Spaltbarkeit gefunden. Beim Disthen endlich ist die Ebene der besten Spaltbarkeit parallel der grofsen Säulenfläche, die Lateralfläche bietet also ein weiteres Beispiel für unser Gesetz dar. Die beiden anderen Spaltungsrichtungen des Disthen schienen mir gleich unvollkommen; nimmt man aber an, dafs die Spaltungsrichtung parallel der

Lateralfläche die unvollkommenste ist, so befolgt auch die gröfsere Seitenfläche das oben angeführte Gesetz.

Von verschiedenen Flächen desselben Krystalls ist diejenige die härteste, welche von der Ebene der vollkommensten Spaltbarkeit durchschnitten wird. Wenn aber die mehrfache Spaltbarkeit von ganz gleicher Vollkommenheit ist und die verschiedenen Richtungen derselben dieselbe Stellung gegen alle Krystallflächen haben, so kann in den verschiedenen Flächen kein Unterschied wahrgenommen werden, sondern die Richtung der gröfsten und geringsten Härte folgt in jeder Ebene demselben Gesetz, wie es durch die verschiedene Stellung der Spaltungsrichtungen bedingt ist.

Beim Gyps kann die Fläche der besten Spaltbarkeit sehr leicht gefunden werden; in dieser fand ich den Gyps weicher als in einer andern Fläche, die einer weniger vollkommenen Spaltungsrichtung entsprach. Der Disthen giebt ein Beispiel für dasselbe Gesetz, denn er spaltet sich am besten in der der weicheren Fläche parallelen Richtung, und ist also weicher in der von Haüy so genannten Lateralfläche. Eine andere minder vollkommene Spaltungsrichtung ist dieser Lateralfläche parallel, woraus erhält, dafs die andere Säulenfläche, welche von dieser unvollkommneren Spaltungsrichtung geschnitten wird, die weichere seyn mufs. Weder beim Flufsspath noch beim Kalkspath fand ich Härteunterschiede in den verschiedenen Krystallflächen, weil sie in allen Richtungen ihrer Spaltbarkeit gleich leicht spaltbar sind.

Noch ein Unterschied ist zu erwähnen, der am Kalkspath sehr leicht aufzufinden ist: der Unterschied in der entgegengesetzten Richtung desselben Weges. Wenn nämlich die Richtung einer vorzüglichen Spaltbarkeit nicht senkrecht auf der Untersuchungsfläche steht, so ist stets der Winkel, welchen die Spaltungsrichtung mit der Untersuchungsfläche bildet, von grofser Bedeutung. Wenn wir den Krystall aus ihm selbst ähnlichen Theilchen uns zusammengesetzt denken, so setzen sich entweder die Schichtungen des Krystalls der Spitze entgegen, oder die Spitze überspringt sie,

wenn sich ihr der spitze Winkel der Schichtungen darbietet. Von dieser Erscheinung giebt der Kalkspath das trefflichste Beispiel; denn bei ihm setzt diese Schichtung der Theilchen der Spitze den gröfsten Widerstand in der Richtung der kürzeren Diagonale von der spitzen Ecke aus nach der stumpfen entgegen, den geringsten in der entgegengesetzten Richtung. In der längeren Diagonale ist kein Unterschied der Härte nach den entgegengesetzten Richtungen, weil dieselbe gegen die eine Spaltungsrichtung unter einem spitzen, gegen die andere unter einem stumpfen Winkel geneigt ist, woraus folgt, dafs das Resultat in entgegengesetzter Richtung dasselbe seyn mufs; in der kürzeren Diagonale dagegen werden beide Spaltungsrichtungen das eine Mal unter einem spitzen, das andere Mal unter einem stumpfen Winkel geschnitten. In allen anderen Linien leistet der Krystall den gröfseren Widerstand in der Richtung von der spitzen Kante aus zur stumpfen, in welcher Richtung er also weicher ist (denn die Spitze ritzt ihn schon bei einem geringeren aufgelegten Gewicht), den geringsten Widerstand leistet er in entgegengesetzter Richtung.

Bei anderen Krystallen des rhombischen, klinorhombischen und hexagonalen Systems, die ich untersucht habe, ist die Richtung der Spaltungsebenen zwar eine ähnliche, jedoch sind bei ihnen nicht so grofse Unterschiede wie beim Kalkspath bemerkbar, wegen der gröfseren Härte der Krystalle. Beim Quarz habe ich die Unterschiede angedeutet, beim Talk wegen der oben angeführten Gründe nicht gefunden.

II. Directe Vergleichung der Härte der Mineralien.

Ich gehe jetzt zu den Versuchen über, durch die ich auf den ersten Theil dieser Abhandlung geführt wurde. Die Aufgabe, die ich mir gestellt hatte, war: die Härte der Mineralien so zu messen, dafs Zahlen das Verhältnifs der Härten der einzelnen Mineralien zu einander erkennen lassen. Die folgende Tabelle enthält diese Verhältnisse. Sie giebt die mittleren Zahlenwerthe, das Maximum und Mini-

mum ist, da es im ersten Theile genügsam behandelt ist, hier weggelassen. Es wurden so lange Gewichte auf die Gewichtstafel gelegt, bis durch eine Lupe ein Ritz auf der Fläche des Minerals sichtbar wurde. Wenn die natürliche Fläche des Minerals nicht glatt genug war, so liefs ich sie anschleifen. So oft diefs geschehen, ist es in beigesetzten Klammern bemerkt. Aufserdem wandte ich noch die Vorsicht an, dafs ich die Versuche immer bei heiterem Himmel anstellte, damit nicht der Wechsel der Helligkeit einen Irrthum veranlasse.

		Mit der Stahlspitze.		Mit dem Diamant.	
Gyps	von Wernigerode	1,1gr.	1,5gr.	Die Unterschiede sind verschwindend.	
	aus der Gegend von Gotha				
	vom Mont Martre	2gr. [1]			
Kalkspath	von Island	7,9gr.	9,0gr.		
	- -	10,1gr.			
	von Brilon	9,0gr.			
Flufsspath aus Devonshire (geschliffen)			36gr.		
Apatitspath (von New-York)			163gr.		12gr.
Feldspath	aus Schlesien	283gr.	260gr.	21gr.	20gr.
	aus Labrador	236gr.		19gr.	
(geschliffen)					
Quarz	aus Schlesien			33gr.	34gr.
	aus der Schweiz			35gr.	
(geschliffen)					
Topas	aus Brasilien			44gr.	43gr.
	aus Sachsen			42gr.	
(geschliffen)					
Sapphyr	aus Thilet				51gr.
	aus China				
	von Ceylon				
(geschliffen).					

Die Stahlspitze selbst wurde bei einem Gewicht von 23gr. von dem Diamanten geritzt.

1) Ich habe ein gröfseres Gewicht hier angegeben, als ich in der untersuchten Fläche gefunden habe, denn es ist kein Grund vorhanden zu der Annahme, dafs in dem Gyps vom Mont Martre die Härte in der Ebene, die ich der Zerbrechlichkeit des Minerals wegen nicht erhalten konnte, nicht gröfser sey als in einer Fläche der besten Spaltbarkeit, da ja alle andern Härteverhältnisse für den Gyps aus Gotha und vom Mont Martre dieselben sind.

Ich füge einige Beispiele anderer Mineralien hinzu, aus denen sich abnehmen läfst, wie genau diese Verfahrungsart ist.

			Nach Mohs.
Alaun (Ungarn)	0,9gr.	(Stahlspitze)	2,0
Honigstein (Artern)	7,5gr.	-	2,0—2,5
Dioptas (Kirgisensteppe)	115gr.	-	5,0
Diopsid	205gr.	-	5,0—6,0
Pistazit	24gr.	(Diamant)	6,0—7,0
Zirkon (Ural)	38,5gr.	-	7,5
Turmalin (Brasilien)	39,5gr.	-	7,0—7,5
Beryll (Nertschinsk)	43gr.	-	7,5—8,0.

Erst nachdem ich mit meinen Versuchen fast zu Ende gelangt, fiel mir die Dissertation von Seebeck im Programm des berlinischen Realgymnasium vom Jahre 1833 in die Hand. Ich fand hierin mein erstes Verfahren angewandt; allein die Einrichtung des Seebeck'schen Instruments scheint mir nicht so zweckmäfsig als die des meinigen, was sehr deutlich daraus erhellt, dafs am Kalkspath Seebeck die geringste Härte nicht in derselben Richtung wie ich, beobachtet hat; die Richtigkeit meiner Beobachtung mir aber durch den oben beschriebenen Versuch mit dem Kreise auf das unwidersprechlichste dargethan zu seyn scheint.

Seebeck's Angaben sind folgende:

In der Richtung von		erscheint der erste Strich bei	
- - -	0°	- - -	39gran
- - -	20°	- - -	34 -
- - -	39°	- - -	26 -
- - -	51°	- - -	23 -
- - -	70°	- - -	22 -
- - -	90°	- - -	14 -
- - -	110°	- - -	17 -
- - -	129°	- - -	17 -
- - -	141°	- - -	23 -
- - -	160°	- - -	28 -
- - -	180°	- - -	31 -

0° entspricht bei dieser Tabelle meinem früheren 0°

Auch mit Frankenheim's Angaben streiten die Seebeck'schen; denn Frankenheim will die gröfste Härte in der Richtung der gröfseren Diagonale gefunden haben, die geringste in derselben wie ich. In der Richtung aber in der ich die gröfste Härte gefunden habe, soll, nach Frankenheim, eine Härte seyn, die fast der nach den längeren Diagonalen gleich ist. Die gröfste Härte findet sich also nach Seebeck in derselben Richtung, in der ich sie gefunden habe; in der Richtung, in welcher Frankenheim die gröfste Härte gefunden hat, hat Seebeck die geringste, ich die mittlere gefunden; wo endlich, wie ich gezeigt habe, die geringste Härte ist, hat Seebeck die mittlere gefunden, während Frankenheim mit mir übereinstimmt.

Seebeck hat an keinen Krystallen als nur am Kalkspath und Gyps Versuche angestellt. Am Gyps fand er bei seinem Verfahren keine Unterschiede, wie auch ich nicht.

So viel glaube ich dargethan zu haben, dafs durch das von mir angestellte Verfahren die Härte der Mineralien viel genauer, wenn auch mehr Mühe erforderlich ist, bestimmt werden kann, als durch das Verfahren von Mohs, das wir bis jetzt zur Messung der Härte angewandt haben.

Die auf der Kupfertafel II. vorhandenen Zeichnungen Fig. 1 und 2. zeigen die angewandten Instrumente.

Fig. 3. macht die Kreise anschaulich, die durch das Drehen des Kalkspaths nach entgegengesetzter Richtung auf dem Krystall bemerklich werden.

Fig. 4. Wenn man die Härte den Gewichten, die zum Ritzen des Minerals nöthig sind, proportional setzt, so kann man das Verhältnifs der Härte durch eine Curve darstellen, deren *Radii vectores* den Gewichten entsprechen. Diese Curve ist für den Kalkspath in Fig. IV. dargestellt: *ab*, wenn *S* die stumpfe, *S'* die spitze Rhomboëderecke ist. Construirt man auf dieselbe Weise nach Seebeck's Zahlen die Härtecurve des Kalkspath, so ist dieselbe *ac*, wobei der Pol *p* und der *Radius vector* der

gröfsten Härte *pa* dieselben geblieben sind. **Frankenheim's** Resultate lassen die Construction einer Curve nicht zu, da sie der Zahlenwerthe entbehren.

Fig. 5. *ab* stellt dieselbe Curve für Disthen dar auf der weicheren Säulenfläche bei Vernachlässigung der kleinen beim Disthen oben erwähnten Unterschiede nach entgegengesetzten Richtungen. Vernachläfsigt man diese Unterschiede nicht, so entsteht *cd*.

III. *Ueber die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme; von Hermann Militzer, Dr. phil. in München.*

In den Erfahrungswissenschaften treten uns aufser den allgemeinen Systemen und Hypothesen, unter deren Herrschaft wir eine ganze Reihe von Erscheinungen zusammendrängen, auch noch eine gewisse Anzahl constanter Gröfsen entgegen, die in Beziehung auf jene eine doppelte Bestimmung zu erfüllen haben. Einerseits nämlich dienen sie jenen Theorien gewissermafsen als Basen, die man überall bei ihrem Auftreten als bekannte Gröfsen behandelt, und auf die gestützt, man sich einem vorgesteckten Ziele zu nähern sucht; andererseits sind sie selbst als Bausteine zu betrachten, die in hinreichender Menge gesammelt und nach ihrem inneren Zusammenhange geordnet, die Erschaffung einer neuen Theorie möglich machen. In letzterer Beziehung gehören sie in der Regel nur einem einzelnen, mehr oder weniger speciellen, Zweige der Wissenschaft an, während ihre erstere Eigenschaft in manchen Fällen sie uns in den heterogensten Doctrinen vor die Augen bringt.

Der Coëfficient der Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme nimmt als solcher für sich betrachtet durchaus

keinen hervorragenden Rang ein unter den analogen Zahlen, die man sich von den verschiedenartigsten Körpern der Aufsenwelt zu verschaffen wufste, theils um ihrer selbst willen, theils in der Hoffnung durch ihre Vermittelung einen etwaigen Aufschlufs über das Wesen der Wärme und ihr Verhältnifs zur Materie zu erhalten. Bei weitem wichtiger wird derselbe durch die ungemein häufigen Anwendungen, welche das Quecksilber in allen Zweigen der messenden Physik — im weitesten Sinne des Wortes — findet, und bei denen man diese Zahl immer als bekannt vorauszusetzen genöthigt ist. Man findet deshalb auch in den Jahrbüchern der Wissenschaft eine grofse Anzahl von Bemühungen, sich die Kenntnifs dieser Zahl zu verschaffen, die auf verschiedenen Wegen versucht, auch verschiedene Annäherungen an die Wahrheit zur Folge hatten, und deren Resultate deshalb unter sich auch nicht unbeträchtliche Abweichungen zeigen. Wir werden weiter unten Gelegenheit haben, auf dieselben etwas näher einzugehen.

Die Annäherung an die Wahrheit geschieht in den Erfahrungswissenschaften sprungweise. Eine Gröfse gilt so lange für richtig, als die übrigen Elemente, mit denen sie zu concurriren hat oder ihre Anwendungen bei anderen Untersuchungen eine gröfsere Genauigkeit noch nicht fordern als die ist, welche man sich von der, zur Bestimmung dieser Gröfse, angewendeten Methode versprechen kann. Ist diese Gränze einmal erreicht, und beabsichtigt man dennoch, die Genauigkeit einer Bestimmung noch weiter zu treiben, so bleibt nichts Anderes übrig, als vor Beginn der eigentlich beabsichtigten Untersuchung erst eine neue Bestimmung aller vorkommenden Hülfsgröfsen vorzunehmen.

Vorliegende Untersuchung hat zunächst den Grund ihres Entstehens in einer solchen mathematischen Nothwendigkeit zu suchen.

Der jetzige k. k. Ministerialrath etc. Hr. Dr. v. Steinheil beschäftigte sich seit längerer Zeit mit der Herstellung eines Normal-Gewichtes und -Maafses für das Königreich Baiern. Er liefs zu dem Ende in seiner mechani-

schen Werkstätte namentlich eine Waage anfertigen, deren aufserordentlich vollkommene Construction ihm erlaubt, in allen ihren Anwendungen eine ganze Ordnung in der Genauigkeit weiter zu gehen, als seither möglich war. Es drängte sich deshalb die Nothwendigkeit auf, auch alle Hülfsgröfsen, unter denen sich auch die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme — namentlich innerhalb der bei den Wägungen stattfindenden Temperaturen zwischen 0° und 20° des hunderttheiligen Thermometer — befindet, mit gröfserer Sorgfalt zu bestimmen. Hr. etc. Dr. v. Steinheil veranlafste mich nun zur Durchführung dieser speciellen Untersuchung, wozu er mir mit der zuvorkommendsten Liberalität die Benutzung eines Apparats gestattete, den er eigends zu diesem Zwecke construirt hatte; es möge mir deshalb erlaubt seyn, Demselben hier meinen Dank öffentlich auszusprechen.

Wir wenden uns nun zum Gegenstande dieser Untersuchung selbst.

§. 1.

Die zur Bestimmung des Ausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers bisher angewandten Methoden zerfallen in zwei Categorien, je nachdem sie nämlich dem Beobachter die Kenntnifs der relativen oder absoluten Ausdehnung verschaffen. Die Bestimmungsarten der ersten Gattung bestehen sämmtlich darin, dafs man entweder die Aenderung des Volumens einer constanten Menge Quecksilbers bei einer Aenderung der Temperatur mifst, oder dafs man das Gewicht des Volumen Quecksilbers bestimmt, welches ein Gefäfs bei einer bestimmten Temperatur zu fassen vermag. Man sieht augenblicklich, dafs diese beiden Verfahrungsarten die Kenntnifs der Ausdehnung des Körpers voraussetzen, aus dem die angewandten Gefäfse bestehen, und dafs die erstere auch noch eine genaue Calibrirung des Gefäfses fordert. Alle, mir bekannten, auf diesem Wege erhaltenen Beobachtungen sind in thermometerähnlichen Gefäfsen von Glas vorgenommen worden. Einzelne Beobach-

ter, wie z. B. Lalande und Delisle, berücksichtigten die gleichzeitige Ausdehnung des letzteren gar nicht; ihre Resultate sind also nur Bestimmungen des relativen Ausdehnungscoëfficienten. Andere nahmen allerdings die Ausdehnung des Glases in Rechnung; Regnault zeigte aber neuerdings durch directen Versuch, dafs dieselbe nicht nur von der Glassorte abhängig ist, sondern selbst mit der Gestalt des Glasgefäfses sich ändern, so dafs die auf diesem Wege gefundenen Zahlen zu sehr den Charakter des speciellen Versuches an sich tragen, als dafs man ihnen unbedingt allgemeine Gültigkeit beilegen könnte. Aufserdem stehen sie den durch die unten folgenden Methoden gefundenen schon aus dem Grunde nach, weil sie sich auf eine gröfsere Anzahl von Hülfsgröfsen stützen. Indessen haben sorgfältige Experimentatoren doch auf diesem Wege sehr brauchbare Resultate abgeleitet, wie diefs z. B. der von Hällström gefundene Ausdehnungscoëfficient beweist.

Die sonst zur Bestimmung der absoluten Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten häufig angewendete Methode, dafs man einen bekannten Körper bei verschiedenen Temperaturen in der Flüssigkeit selbst abwägt und seinen jedesmaligen Gewichtsverlust bestimmt, setzt ebenfalls die Kenntnifs des specifischen Gewichtes und des Ausdehnungscoëfficienten des eingetauchten Körpers voraus. Es ist deshalb auch ihr in Hinsicht der gröfseren Einfachheit und Selbstständigkeit der erhaltenen Resultate das nun folgende Verfahren vorzuziehen, welches sich auf die Wahrnehmung stützt, dafs die Höhe der Quecksilbersäule im Barometer blos Function des Luftdruckes und der Temperatur, dagegen — abgesehen von der Reibung des Quecksilbers gegen die Gefäfswände und der etwaigen Aenderung des Einflusses der Adhäsion, Capillardepression u. s. w. bei einer Variation der Temperatur — durchaus unabhängig von der Form des Gefäfses und ihren Aenderungen bei wechselnden Temperaturen ist. Man benutzte diese Bemerkung sogleich in der Art, dafs man die Barometerhöhe zuerst in schmelzendem Schnee und dann in siedendem Wasser be-

stimmte, und die Differenz der beiden Höhen als Wirkung der Wärme betrachtete. Zuerst dürfte dieses Verfahren von de Luc angewendet worden seyn. Man kann aber gegen das von ihm gefundene Resultat einwenden, dafs sich während der Dauer der Beobachtung der Luftdruck geändert haben kann, worauf er keine Rücksicht genommen zu haben scheint, und zweitens ist dasselbe noch von der Individualität des gebrauchten Barometers nicht befreit. Um der ersteren Entgegnung auszuweichen nahm Roy zwei Barometer, deren Höhen er gleichzeitig mafs, während das eine in schmelzenden Schnee, das andere in siedendes Wasser getaucht war; natürlich gewinnt aber der zweite der obigen Einwürfe gegen dieses Verfahren um so mehr an Kraft.

Dulong und Petit, für welche eine genaue Kenntnifs dieses Ausdehnungscoëfficienten bei ihrer grofsen Untersuchung über das Erkalten der Körper von besonderer Wichtigkeit war, fühlten diese Mängel und erhielten auf einem ihnen eigenthümlichen Wege eine Bestimmung, welche sich allgemeinen Eingang verschafft hat und seither als die fundamentale betrachtet wurde. Ihr Verfahren stützt sich auf den hydrostatischen Satz, dafs, wenn zwei Flüssigkeitssäulen durch eine Röhre mit einander communiciren, die Höhen dieser Säulen im umgekehrten Verhältnisse ihrer Dichtigkeiten stehen. Ist man daher im Stande, beide Säulenlängen genau zu messen, während die eine von beiden in schmelzendem Schnee, die andere in einer andern bekannten Temperatur sich befindet, so kann man leicht die gesuchte absolute Ausdehnung aus dieser Beobachtung ableiten. Beide oben genannte Gelehrte construirten deshalb einen Apparat, der zuerst von Boyle vorgeschlagen wurde, und dessen Hauptbestandtheil zwei verticale, mit Quecksilber gefüllte Glasröhren bildeten, die durch eine horizontale von viel engerem Durchmesser verbunden waren. Der eine der beiden verticalen Schenkel wurde beständig durch schmelzendes Eis auf einer sehr niederen Temperatur erhalten, während der andere in einem Oelbade stand,

dem man durch einen mantelförmigen Ofen jeden beliebigen Wärmegrad bis zur Siedhitze des Oeles ertheilen konnte. Die Röhren waren nur so weit mit Quecksilber gefüllt, daſs ihr oberes Niveau zur Ablesung eben noch über die umgebende Flüssigkeit hervorragte, was bei dem erwärmten Schenkel dadurch erzielt wurde, daſs man mittelst einer Pipette demselben Quecksilber entnahm oder noch zugoſs. Die Messung der Säulenlängen geschah mit Hülfe eines Fernrohres, das an einer verticalen Säule in azimutalem und verticalem Sinne bewegt werden konnte. Neben dem in Eis getauchten Schenkel stand ein Metallstab, der in bekannter Höhe eine Marke trug, von der an dann an der verticalen Säule abwärts der Ueberschuſs ihrer Höhe über der der beiden Quecksilberspiegel mittelst eines Verniers gemessen wurde. Die Bestimmung der Temperaturen geschah durch Quecksilber- und Luftthermometer. Im Eisbade wurden blos Quecksilberthermometer benutzt, zur Angabe der Temperatur des erwärmten Oeles aber Instrumente beiderlei Art. Die Glasröhre nebst dem Träger der Marke waren auf einer Eisenplatte befestigt, welche durch Libellen horizontal gestellt wurde. Der Comparator war auf einem gemauerten Pfeiler aufgestellt.

So sehr auch dieser Apparat den vorerwähnten vorzuziehen ist, so lassen sich doch auch gegen ihn und das mittelst desselben erhaltene Resultat mehrere Einwendungen erheben. Fürs Erste könnte letzteres nicht ganz frei von dem Einflusse der Capillarität und Adhäsion des Quecksilbers am Glase seyn. Dulong und Petit lieſsen zwar die verticalen Schenkel sich oben erweitern, um diesem Fehler zu entgehen, geben aber keine Dimensionen an, so daſs man nicht mit Sicherheit behaupten kann, er sey gänzlich vermieden. Eine gleichmäſsige Vertheilung der Temperaturen in jedem Schenkel dürfte nach dem angewandten Verfahren ebenfalls nicht vorhanden gewesen seyn. Jeder der beiden Schenkel hatte eine Länge von $0^m,54$. Der kalt erhaltene war mit geflossenem Eise umgeben und seine Temperatur wurde als Null betrachtet. Jede Thermome-

tervergleichung in geflossenem Eise giebt aber zu der Wahrnehmung Gelegenheit, dafs in dem Gemische bedeutende und unregelmäfsige Wärmeschwankungen eintreten, wenn ein Theil des Eises schon zu Wasser geworden ist, was hier, wegen der grofsen Nähe des bis zu 300° erhitzten Ofens, gewifs bald eintreten mufste. (Mit einer Abflufsöffnung für das geschmolzene Eis war der Behälter nicht versehen.) Bei dem erwärmten Schenkel giebt die Operation des Zugiefsens von neuem Quecksilber „einige Augenblicke vor der Ablesung" Anlafs zu einem ähnlichen Bedenken. Der Durchmesser des oberen Endes der verticalen Röhre übertraf bedeutend den des übrigen Theiles, so dafs das zugegossene Volumen Quecksilber im Verhältnifs zur ganzen, den Schenkel ausfüllenden, Menge wohl nicht ganz unbedeutend war, und daher in der ihm gegebenen kurzen Zeit kaum die Temperatur des übrigen Quecksilbers angenommen haben wird. Viel wesentlicher mufs aber die Wirkung der allmäligen Mischung seyn, welche nothwendig zwischen dem kalten Quecksilber des einen und dem erhitzten des anderen Schenkels durch die horizontale Verbindungsröhre stattfinden mufs. Diese letztere war so weit, dafs „die Reibung des Quecksilbers gegen die Wände nicht hinderte, dafs sich das Niveau nach gestörtem Gleichgewichte wiederherstellte". Sie wird folglich auch der eben erwähnten langsamen Mischung kein Hindernifs in den Weg gelegt haben, und daher die Temperatur der beiden Quecksilbersäulen nicht unbeträchtlich von der des umgebenden Mediums, welche allein betrachtet wurde, verschieden gewesen seyn.

Die Messung der Säulenlängen selbst war ebenfalls nicht mit der erforderlichen Genauigkeit möglich. Dulong und Petit geben die Höhe der beiden Quecksilberspiegel über der Axe der horizontalen Röhre an. Diese Axe darf aber offenbar nur als Nullpunkt der Zählung betrachtet werden bei zwei in hydrostatischem Gleichgewichte befindlichen Flüssigkeitssäulen, eine Bedingung, die nach dem Vorhergehenden gewifs nicht erfüllt war, so dafs die Annahme

des Anfangspunktes der Zählung etwas Willkührliches enthält, da man nicht im Stande ist anzugeben, von welchem Punkte an in jedem Augenblicke die eine Säule gemessen werden müsse, um mit der andern im Gleichgewicht zu seyn. Ein kleiner Fehler könnte sich auch durch die Art der Messung von der Marke abwärts bis zu jedem Niveau eingeschlichen haben, indem sowohl der Träger derselben, als auch die Eisenplatte, auf der letzterer nebst der Glasröhre befestigt war, der Wirkung der Ofenwärme, die zum Erhitzen des Oeles diente, ausgesetzt waren.

Bei weitem der wesentlichste Einwand aber, der gegen die Gültigkeit des Dulong'schen Ausdehnungscoëfficienten erhoben wurde, rührt von Poggendorff her, und findet sich in seinen Annalen für Physik und Chemie, (Bd. XXXXI., S. 467). Die betreffende Stelle heifst:

„— Dulong und Petit machten ihre Bestimmung der wahren Ausdehnung des Quecksilbers abhängig von Gay-Lussac's Angabe über die Ausdehnung der Luft. Sie leiteten nämlich aus den Angaben des Luftthermometers die Temperaturen mittelst des Coëfficenten 0,00375 ab, von dem wir jetzt durch Rudberg's sorgfältige Versuche wissen, dafs er für trockene Luft (oder richtiger für Luft in einem wohl getrockneten Gefäfse) fehlerhaft ist. Ihre Temperaturen, und mithin auch ihre Angaben über die wahre Ausdehnung des Quecksilbers, sind folglich nicht ganz richtig, sobald sie, was zu vermuthen ist, ihr Luftthermometer und die Luft darin wohl getrocknet hatten. Leider giebt ihre Abhandlung über diesen letzten Punkt keine Gewifsheit, ja es ist selbst zweifelhaft, ob man unter den Temperaturen wahre oder scheinbare Volume der Luft zu verstehen habe. Sind die Temperaturen durch die wahren Volume einer wohl getrockneten Luftmasse gemessen, so würde ihr Grad 100 etwa dem Grade 102,7 nach richtiger Scale entsprechen, und die wahre Ausdehnung des Quecksilbers für den richtigen Grad 100 würde statt $\frac{1}{55,5}$ ungefähr $\frac{1}{57}$ seyn“.

Da nun unglücklicherweise diese beiden Gelehrten ihre Originalbeobachtungen nirgends mitgetheilt haben, so ist es unmöglich, an ihrem Ausdehnungscoëfficienten die durch die neue Bestimmung der Ausdehnung der Luft nöthig gewordene Aenderung vorzunehmen. Es dürfte daher die Wichtigkeit des Gegenstandes der Mittheilung folgender neuen Bestimmungen zur genügenden Entschuldigung dienen.

§. 2.

Es bestehen diese Beobachtungen in den gleichzeitigen Ablesungen zweier, in verschiedene Temperaturen gebrachten Barometer, durch deren zweckmäfsige Combination sich alle von der Individualität des gebrauchten Apparates herrührenden Einflüsse eliminiren, und folglich der gesuchte Ausdehnungscoëfficient ganz streng bestimmen läfst. (Es versteht sich, dafs unter der Elimination fremdartiger Einflüsse nur die Berücksichtigung derjenigen physikalischen Ursachen gemeint seyn kann, deren Wirkung die vorgesetzten Fehlergränzen an Gröfse nicht übertrifft).

Die Hauptbestandtheile des angewandten Apparates bildeten zwei sorgfältig ausgekochte, mit chemisch reinem Quecksilber gefüllte, Barometer und ein Längencomparator. Jeder dieser drei Theile ist von den beiden andern und dem Fufsboden unabhängig aufgestellt. Es waren nämlich durch eiserne Klammern drei starke hölzerne Träger an eine 2 Fufs dicke Mauer befestigt, von denen der mittlere für den Comparator gehörte; die beiden übrigen, links und rechts in gleicher Entfernung — etwa 20 par. Zoll — von ihm befindlichen, trugen zwei ungefähr 3 Fufs lange, 3,5 Zoll weite Röhren von Weifsblech, welche in ihren Trägern durch Correctionsschrauben senkrecht gestellt und in genau gleiche Entfernungen vom Comparator gebracht werden konnten. Sie wurden mit einer dicken Lage von Baumwollenwatte und über dieser noch mit Wachstuch umhüllt, um das in ihnen befindliche Wasser auf möglichst constanter Temperatur zu erhalten. Beide Röhren waren zu dem Ende auch noch unten mit Hähnen versehen, während über

ihnen zwei Behälter — für warmes und kaltes Wasser — angebracht waren, aus denen ihr Wasser beständig erneuert werden konnte. Das Reservoir für das Eiswasser war zur Erhaltung der Temperatur ebenfalls mit einer sehr dicken Lage von Baumwollenwatte und Wachstuch auf allen Seiten eingehüllt.

Die gebrauchten Barometer waren Heberbarometer, nur mit der veränderten Einrichtung, dafs der kürzere Schenkel vom unteren Niveau an geradlinig fortgesetzt war, und den andern noch 6 Zoll an Länge übertraf. Diese Abänderung war nöthig, weil die Barometer bei der Beobachtung ganz in die eben beschriebenen, mit Wasser gefüllten, Röhren eingesetzt werden mufsten. Das innere Caliber betrug in der Gegend der beiden Quecksilberkuppen 4,5 par. Lin. bei 0,25 Lin. Glasdicke. Die Verbindungsröhre war zur Verminderung der Quecksilbermenge beträchtlich enger und hatte nur einen Durchmesser von 1,6 Lin. und 0,7 Lin. starke Wände. Vom unteren Niveau an blieb bis zum Ende der Röhre das Caliber ungeändert 4,5 Lin. Der offene Schenkel war mittest seiner Verlängerung sorgfältig in einer hölzernen Zwinge befestigt, welche bei der Beobachtung diametral über einen starken, das obere Ende der Blechröhre umgebenden, Messingring gelegt wurde; es war dann in dieser Lage das Barometer ganz in das Wasser getaucht. In derjenigen Gegend der Röhren, in der sich das obere und untere Niveau des Barometers befand, waren einander gegenüber viereckige Oeffnungen zur Ablesung angebracht, welche wasserdicht durch Platten von 4 Lin. starkem, geschliffenen Spiegelglase verschlossen waren.

Der Längencomparator bestand aus einem 3 Fufs langen, 14 Lin. starken, an den Enden conisch auslaufenden Stahlcylinder, dessen unteres Ende auf einem Messingwürfel ruhte, der in einer starken Eichenplatte befestigt war, während das obere in der Axe einer Schraube lag, welche durch einen starken Träger von Eichenholz ging. Die Schraube konnte in horizontalem Sinne nach allen Seiten etwas verschoben, dadurch die Stahlsäule genau vertical

ge-

gestellt, und durch Anziehen oder Nachlassen der Schraube der Drehung der Säule um ihre Axe der rechte Grad von Leichtigkeit gegeben werden. War beides erreicht, so wurde die Schraube mittelst einer Mutter, welche eine, die Schraubenspindel eng umschliefsende, Platte gegen den hölzernen Träger drückte, festgestellt. In azimutalem Sinne konnte die Stahlsäule durch eine, an ihrem oberen Ende befindliche, Klemmschraube von gewöhnlicher Einrichtung festgehalten werden. An dieser Säule nun konnte ein hülsenförmiges Metallstück auf und nieder bewegt werden, jedoch ohne Drehung um die Axe der Säule, welches als Träger eines Niveaus, eines astronomischen Fernrohres und eines Mikroskops diente, und dessen unteres Ende aus einer genauen, etwa 30 Umgänge zählenden Mikrometerschraube von Stahl bestand. Diese letztere war, wie der Metallschlitten, dessen untere Hälfte sie bildete, selbst centrisch durchbohrt, so dafs ihre Axe mit der des Stahlcylinders zusammenfiel, und ihre Mutter endigte nach unten auch wieder in eine schwach conische Schraubenspindel, welche, auf gleiche Weise durchbohrt, die Stahlsäule ebenfalls hülsenförmig umgab und als Klemme für den ganzen Schlitten diente. Sie war zu dem Ende von unten nach oben bis zur Hälfte ihrer Länge viermal aufgeschnitten, so dafs ihre federnden Quadranten durch einen als Schraubenmutter dienenden Klemmring fest gegen die stählerne Säule gedrückt, und so das ganze Metallstück an jeder beliebigen Stelle festgehalten werden konnte. Es wurden in Folge dieser Einrichtung die gröfseren Bewegungen des eben erwähnten Schlittens durch blofse Verschiebung aus freier Hand vorgenommen, während die feineren mit Hülfe der eben beschriebenen Klemmvorrichtung und der Mikrometerschraube vollzogen und gemessen wurden. Die Stahlsäule selbst war in ihrer ganzen Länge von oben nach unten in willkührliche, jedoch gleiche Theile getheilt. Nach einer sechs Mal wiederholten Vergleichung mit der Scale eines Barometers war der mittlere Werth eines solchen Theiles = 0,279 par. Lin.

Das oben erwähnte mit den gewöhnlichen Correctionsschrauben versehene Niveau diente in der bekannten Weise zum Verticalstellen der Säule. Einer seiner Theile entsprach einem Winkel von 3",4. Das Mikroskop und Ablesungsrohr waren jedes mit einem Horizontalfaden versehen. Ersteres gab eine neunmalige Vergröfserung und diente zum Einstellen des ganzen beweglichen Metallstückes auf einen Theilstrich der Säule, während das Fernrohr, das funfzehnmalige Vergröfserung besafs, in Verbindung mit der Mikrometerschraube in weiter unten näher anzugebender Weise zur Messung kleinerer Stücke der Säule, als einer ihrer Theile, diente. Die 30 Lin. im Durchmesser haltende Peripherie dieser Mikrometerschraube war in 100 Theile getheilt, welche, durch zwei diametral zu einander stehende Verniers, noch in Zehntel getheilt wurden; bei einiger Uebung liefsen sich auch 100 Theile noch schätzen. Diese letzte Gränze der Genauigkeit im Ablesen brachte ich jedoch nicht in Anwendung, sowie ich auch immer nur einen Nonius ablas, da ich mich durch vorläufige Versuche überzeugt hatte, dafs der aus der Excentricität der Schraube entspringende Fehler die Gröfse von 0,001 Theil der senkrechten Schraube in keinem Falle überstieg, der mittlere Einstellungsfehler aber, wie eine andere Reihe von Versuchen zeigte, nicht ganz 0,02 solcher Theile betrug.

Man hätte die Anwendung dieser Mikrometerschraube auch ganz umgehen können, da an dem Fernrohre noch ein Ocularmikrometer angebracht war. Es wäre allerdings durch dasselbe eine noch etwas gröfsere Schärfe zu erzielen gewesen; es zeigte sich indessen, dafs bei der geringen Entfernung des Objectes eine sehr kleine Aenderung dieser Entfernung schon von nicht mehr zu vernachlässigendem Einflusse auf den Werth eines Mikrometertheiles war. Da nun, wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, das Schraubenmikrometer der Säule eine mehr als hinreichende Genauigkeit zuliefs, so wurde von dem Ocularmikrometer gar kein Gebrauch gemacht.

Es bleibt nun nur noch die Messung der Temperatu-

ren zu erwähnen. Das in jeder Blechröhre befindliche Wasser konnte, auch wenn die Barometer eingesenkt waren, mittelst eines kreisförmigen, in der Mitte für den Barometer mit einem Loche versehenen, Brettchens durch Auf- und Niederbewegen dieses letzteren umgerührt werden. Die beiden Thermoter waren an diese Brettchen befestigt, und kamen also bei jedem Umrühren mit der ganzen Wassermenge in Berührung, so dafs die von ihnen angegebene Temperatur wohl sicher als die mittlere der ganzen Flüssigkeitssäule angesehen werden konnte. In das Gefäfs mit dem wärmeren Wasser war aufserdem noch ein zweites Thermometer eingetaucht, das ebenfalls bei jeder Beobachtung abgelesen wurde. Dieses letztere war ein unter Berücksichtigung aller Correctionen nach der Bessel'schen Methode genau calibrirtes Instrument, dessen Angaben als die normalen angesehen wurden; die Ablesungen der beiden übrigen wurden durch Vergleichungen in Wasser, deren Resultate weiter unten folgen, auf die des ersteren reducirt. Das Normalthermometer hatte eine messingene Scale, während die Theilung der beiden andern auf der Röhre selbst befindlich war. Alle drei hatten willkührliche, jedoch so feine Theilungen, dafs ein Hunderttheil eines wahren Centesimalgrades mit ziemlicher Sicherheit noch geschätzt werden konnte.

§. 3.

Die Beobachtungen wurden an diesem Apparate in folder Weise angestellt:

Nachdem mittelst des Niveaus die Stahlsäule vertical gestellt war, wurden die beiden Blechröhren in gleiche Entfernungen von derselben und dadurch ebenfalls in eine lothrechte Lage gebracht. In aller Schärfe war der Vollzug dieser Operation nicht nothwendig, weil, auch wenn die Comparatorsäule oder die Barometer nicht vertical gestellt gewesen wären, doch nur dann ein Fehler in der Messung der absoluten Barometerhöhe begangen worden wäre, wenn die Gestalt der Quecksilberkuppe am oberen und unteren Niveau nicht krumme Oberflächen derselben Art wären, oder

bei einer geneigten Lage der Barometer diese Kuppe an beiden Niveaus nicht gleichmäſsig ihre Gestalt änderte. (Durch eine Abweichung der Comparatorsäule von der Verticalen wäre auſserdem wegen der dann stattfindenden ungleichen Entfernung der beiden Quecksilberspiegel der Deutlichkeit des Bildes im Fernröhre Eintrag geschehen.) Weil sich wegen etwa vorhandener ungleicher Adhäsion des Quecksilbers an verschiedenen Stellen der Glasröhre diese Voraussetzung nicht mit Bestimmtheit machen lieſs, so wurde die Stellung der Comparatorsäule immer berichtigt, sobald sie mehr als eine Minute von der Vertiacalen abwich; die lothrechte Lage der Barometer wurde durch die schon berichtigte ihrer Blechhülsen controlirt, da die Durchsichten der letzteren so eng waren, daſs man beide Niveaus des Barometer nicht zugleich beobachten konnte, wenn die Barometer selbst nicht senkrecht hingen. Als zweite Controle diente das Fernrohr, indem das obere und untere Niveau in vollkommen gleicher Schärfe erscheinen muſsten. Uebrigens zeigte ein Probeversuch, daſs der durch ein absichtlich sehr bedeutendes Schiefhängen der Barometer entstehende Fehler die Gröſse des auf S. 66 erwähnten Einstellungsfehlers nicht überstieg. Daſs die optische Axe des Fernrohres auf der Säulenaxe des Comparator senkrecht stehe, ist eine Forderung, der der Mechaniker zu genügen hat; das Vorhandenseyn dieses Fehlers konnte aus dem oben beschriebenen Apparate für sich nicht nachgewiesen werden. Es ist klar, daſs derselbe mit dem aus einer nicht verticalen Stellung der Säule entspringenden zusammenfällt, indem auch bei ihm, da die optische Axe sich selbst immer parallel bleibt, nur die Gestaltverschiedenheit der beiden Quecksilberkuppen in Betracht kommt. Die übrigen Fehler, welche vom Fernrohre herrühren können, nämlich Parallaxe und Nichthorizontalität der Brennpunktfäden wurden ebenfalls vor Beginn der Beobachtungen möglichst sorgfältig berichtigt.

Die Messungen selbst wurden folgendermaſsen angestellt: Aus den beiden Reservoirs wurden die Blechröhren

mit Wasser gefüllt: das rechts befindliche mit Wasser, das durch längeres Stehen die Zimmertemperatur angenommen hatte, während in das Reservoir, welches die Röhre links speiste, eine beträchtliche Quantität Eis gegeben wurde, von dem das darübergegossene Wasser erkältet ablief. (Das Schmelzen des Eises allein ohne Zugabe von Wasser hätte allerdings noch etwas niedrigere Temperaturen, aber nicht eine hinreichende Menge Wasser gegeben.) In dieser letzteren Röhre wurde vor Beginn jeder Beobachtungsreihe das Wasser erst mehrmals gewechselt, um die Temperatur der Hüllen hinreichend zu erniedrigen. War dieses geschehen, so wurden sämmtliche Hähne geöffnet, und so in beiden Blechröhren durch den ununterbrochenen, gleichmäfsigen Zu- und Abflufs das Wasser in beständiger Bewegung erhalten, um zu vermeiden, dafs sich das kältere nach unten senke. Dieser Wechsel fand so schnell statt, dafs in Zeit einer Viertelstunde etwa ein Kubikfufs Wasser aus dem unteren Hahne abflofs. Es wurden nun beide Barometer senkrecht in das Wasser gehängt, worauf nach Verlauf von 20 Minuten die Beobachtung damit begann, dafs mittelst der obenerwähnten Holzstückchen in beiden Röhren das Wasser ein paar Male umgerührt und die drei Thermometer abgelesen wurden. Hierauf wurde am Comparator der Horizontalfaden des Mikroskopes auf den Theilstrich der Säule eingestellt, der zunächst über dem oberen Niveau eines der beiden Barometer lag, und von demselben an mittelst der Mikrometerschraube noch so weit herabgemessen, bis der Horizontalfaden des Fernrohres die Quecksilberkuppe berührte; es wurde dann der Comparator um 180° gedreht, und ebenso am oberen Niveau des zweiten Barometer verfahren. Auf dieselbe Weise wurde der Stand der beiden unteren Niveau's aufgezeichnet, und sodann nochmals der der beiden oberen. Es wurde dabei vermieden, den Comparator mit der blofsen Hand zu berühren, um nicht die Temperatur desselben während der Dauer einer Beobachtung zu ändern; zweitens wurden die Ablesungen in möglichst gleichen Zeitintervallen gemacht.

Unmittelbar nach der zweiten Ablesung der oberen Niveaus wurde das Wasser beider Blechröhren nochmals umgerührt, und die Thermometer abermals aufgezeichnet, womit eine Beobachtung vollendet war. Sie erforderte immer 15 Minuten Zeit. Es wurden sodann die Barometer in den Blechröhren vertauscht, wobei darauf gesehen wurde, beide Barometer immer so zu hängen, dafs sie in jeder ihrer beiden Lagen dem Objective des Fernrohres dieselbe Seite ihrer Röhrenwände darboten, und nach 20 Minuten eine neue Beobachtung genau auf dieselbe Art begonnen, nach deren Vollendung die beiden Barometer von neuem ihre Plätze wechselten u. s. w. (Die Zeit von 20 Minuten, welche dem Barometer gelassen wurde, um die Temperatur des Wassers anzunehmen, ist hierzu gewifs mehr als hinreichend. Denn die Versuche von Boeckmann (Gehler X. 474) beweisen, dafs eine mit Quecksilber gefüllte Glaskugel von 1 Zoll Durchmesser und 0,2 Lin. Wanddicke, die in ein Wasserbad von + 15°,7 R. getaucht wurde, nur 23 Sekunden nöthig hatte, um ihre Temperatur von + 60° auf + 30° zu erniedrigen). Zugleich wurde Sorge getragen, die Beobachtungen nur an solchen Tagen anzustellen, an denen die Aenderungen des atmosphärischen Druckes möglichst gering und regelmäfsig waren.

§. 4.

Auf diese Weise wurden folgende vier Reihen von Beobachtungen erhalten:

1849, August 27, Vorm.

Barom.	Röhre rechts.	N. Th. No. 1.	Th. No. 2.	Barom.	Röhre links.	Th. No. 3.
	58,724	350,10	+ 20,15		62,712	— 12,42
I.	1017,958			II.	1019,330	
	58,741	349,75	20,22		62,762	12,20
	59,680	350,05	20,15		60,754	13,17
II.	1018,813			I.	1016,926	
	59,740	349,92	20,21		60,730	12,95
	58,561	349,50	20,24		63,089	12,99
I.	1017,442			II.	1019,191	
	58,583	349,20	20,36		63,072	12,78

Barom.	Röhre rechts.	N. Th. No. 1.	Th. No. 2.	Barom.	Röhre links.	Th. No. 3.
	59,844	348,75	+ 20,45		61,518	— 12,77
II.	1019,048 [1]			I.	1017,530	
	59,964	348,50	20,50		61,545	12,76
	58,487	348,40	20,53		63,154	12,72
I.	1016,963			II.	1018,929	
	58,495	348,20	20,63		63,138	12,59
	59,725	348,10	20,63		61,512	12,40
II.	1018,091			I.	1017,120	
	59,731	347,50	20,75		61,533	12,28

1849 August 30, Vorm.

Barom.	Röhre rechts.	N. Th. No. 1.	Th. No. 2.	Barom.	Röhre links.	Th. No. 3.
	60,610	345,55	+ 21,23		64,265	— 14,12
I.	1016,353			II.	1017,001	
	60,565	345,45	21,26		64,301	14,19
	61,230	345,50	21,25		63,930	14,20
II.	1016,989			I.	1016,625	
	61,210	345,30	21,27		63,952	14,58
	60,737	345,38	21,26		64,371	14,15
I.	1016,558			II.	1017,057	
	60,728	344,92	21,34		64,393	14,39
	61,216	344,80	21,43		64,084	14,56
II.	1016,863			I.	1016,469	
	61,252	344,60	21,48		64,122	14,61
	60,971	344,70	21,45		64,514	14,08
I.	1016,460			II.	1016,922	
	60,929	344,35	21,53		64,597	15,01
	61,147	344,15	21,58		64,534	14,01
II.	1016,518			I.	1016,732	
	61,163	344,02	21,64		64,502	13,64
	60,971	343,45	21,69		64,634	14,32
I.	1016,386			II.	1016,875	
	60,980	343,40	21,74		64,634	14,02
	61,099	343,28	21,79		64,542	13,86
II.	1016,287			I.	1016,638	
	61,115	342,65	21,94		64,522	13,46

1849 September 4, Vorm.

Barom.	Röhre rechts.	N. Th. No. 1.	Th. No. 2.	Barom.	Röhre links.	Th. No. 3.
	57,421	342,90	+ 21,91		59,722	— 12,76
I.	1019,065			II.	1018,188	
	57,374	342,70	21,93		59,721	13,06

1) Hier wurde höchst wahrscheinlich ein falscher Nonius abgelesen.

Barom.	Röhre rechts.	N. Th. No. 1.	Th. No. 2.	Barom.	Röhre links.	Th. No. 3.
	58,046	342,55	+21,98		61,220	— 13,16
II.	1019,788			I.	1019,679	
	58,066	342,45	22,00		61,198	14,22
	57,236	342,35	22,01		61,557	14,16
I.	1018,997			II.	1020,056	
	57,283	342,10	22,06		61,579	14,11
	57,756	341,65	22,16		61,174	13,59
II.	1019,437			I.	1019,704	
	57,727	341,35	22,21		61,185	13,38
	57,476	341,12	22,27		61,596	13,59
I.	1018,992			II.	1020,015	
	57,461	340,07	22,40		61,632	13,68
	57,626	340,65	22,47		61,500	13,58
II.	1018,959			I.	1019,595	
	57,667	340,25	22,50		61,554	13,78
	57,735	339,95	22,56		61,782	13,60
I.	1019,085			II.	1019,811	
	57,800	339,45	22,67		61,853	13,79

1849 September 5, Vorm.

Barom.	Röhre rechts.	N. Th. No. 1.	Th. No. 2.	Barom.	Röhre links.	Th. No. 3.
	58,174	339,55	+22,62		62,135	— 13,09
I.	1017,919			II.	1018,475	
	58,189	339,25	22,73		62,150	14,74
	57,502	339,08	22,76		62,050	13,98
II.	1017,380			I.	1018,522	
	57,533	338,60	22,90		62,135	14,17
	58,442	338,45	22,95		62,488	14,01
I.	1018,282			II.	1018,825	
	58,430	338,18	23,02		62,510	13,98
	58,695	337,40	23,16		62,275	13,59
II.	1018,529			I.	1018,778	
	58,754	337,05	23,26		62,327	13,38
	58,294	336,60	23,35		62,689	13,79
I.	1018,019			II.	1018,896	
	58,300	336,45	23,37		62,678	13,81
	58,631	336,15	23,50		62,391	13,37
II.	1018,327			I.	1018,824	
	58,634	335,75	23,54		62,422	13,68
	58,420	335,55	23,60		62,522	13,41
I.	1018,264			II.	1018,820	
	58,476	335,25	23,70		62,574	13,78

Barom.	Röhre rechts.	N. Th. No. 1.	Th. No. 2.	Barom.	Röhre links.	N. Th. No. 3.
	58,191	335,06	+23,75		62,750	13,52
II.	1017,821			I.	1018,987	
	58,210	334,60	23,85		62,760	13,54

§. 5.

Zur Reduction dieser Beobachtungen dienen die hier folgenden Tabellen. Durch die drei ersten werden die Ablesungen der Thermometer auf wahre Grade der hunderttheiligen Scale gebracht, wobei, wie schon erwähnt wurde, das mit N. Th. No. 1. bezeichnete Thermometer ein unmittelbar durch Rechnung corrigirtes ist, während die beiden andern durch Vergleichungen in Wasser auf dasselbe reducirt wurden. Um nicht eine zu grofse Menge von Zahlen auf einander zuhäufen, folgen hier unmittelbar die Resultate dieser Vergleichungen.

Ablesung.	Temperatur C.	Ablesung.	Temperatur C.
Norm.-Thermom. No. 1.			
350	+19°,24	338	+22°,06
346	20 ,18	334	23 ,01
342	21 ,12	330	23 ,95
Thermom. No. 2.			
+20,0	+19°,04	+22,0	+21°,03
20,5	19 ,55	22,5	21 ,52
21,0	20 ,04	23,0	22 ,02
21,5	20 ,54	23,5	22 ,52
22,0	21 ,03	24,0	23 ,02

Ablesung.	Temperatur C.	Ablesung.	Temperatur C.
Thermom. No. 3.			
−15,00	+1°,35	−13,50	+2°,83
14,75	1 ,59	13,25	3 ,07
14,50	1 ,82	13,00	3 ,30
14,25	2 ,09	12,75	3 ,51
14,00	2 ,35	12,50	3 ,73
13,75	2 ,57	12,25	3 ,95
13,50	2 ,83	12,00	4 ,20

Die nun folgende Tabelle enthält die Untersuchung der Comparatortheilung und Reduction derselben auf die Umgänge des Schraubenmikrometers. Es war nämlich die Säule nicht mittelst dieser Mikrometerschraube selbst, sondern auf einer geradlinigen Theilmaschine getheilt worden, weshalb auch der Werth eines Umganges dieser Schraube und eines Theiles der Säule nicht identisch sind. Da für die Untersuchung der Schraube selbst an dem Apparate keine Vorrichtung angebracht war, so wurde dieselbe als richtig

angenommen, und die ganze Länge der Säule in Unterabtheilungen von je 20 Theilen mit derselben verglichen. Da die Mikrometerschraube 30 Umgänge zählte, so konnte jede einzelne Vergleichung bei einem anderen Schraubengange als die vorhergehende begonnen und dadurch wenigstens ein Theil etwa vorhandener kleiner Fehler der Schraube hinausgebracht werden. In derjenigen Gegend der Säule, in welcher die Niveaus beider Barometer lagen, wurde jeder einzelne Theil für sich untersucht. Da diese Theile für die Beobachtung von bei weitem gröſserer Wichtigkeit sind, so wurde hier auch die Vergleichung mit gröſserer Sorgfalt angestellt, und für jeden Theil sechs Mal wiederholt, während die Bestimmung der Theile der Säule, welche bei den Barometerhöhen immer gemeinschaftlich waren, auf mindestens drei Vergleichungen beruht. Es ergaben sich folgende Zahlenwerthe:

Theilstrich.	Werth in Schraubenumgängen.			Theilstrich.	Werth in Schraubenumgängen.		
56				1014			
57	1	— 0,0024		1015	1		+ 0,0144
58		0,0052		1016		— 0,0037	
59			+ 0,0017	1017			0,0012
60		0,0010		1018		0,0006	
61			0,0057	1019		0,0088	
62			0,0014	1020			0,0203
63		0,0013		1021		0,0027	
64		0,0043		1022		0,0077	
65			0,0009	1023			0,0012
66			0,0015	1024			0,0063
66				600			
100	34	+ 0,0559		700	100	+ 0,1528	
200	100		— 0,0286	800		0,1780	
300		0,0584		900		0,1526	
400		0,0347		1000		0,1223	
500		0,0810		1014	14		— 0,0390
600		0,1780					

aus denen man den Werth der Säulenlänge

$$(66,1014) = 948,946$$

Schraubenumgängen findet. Der mittlere Fehler für die Messung eines Stückes von 20 Theilen ist hierbei $= \pm 0,0027$,

also der mittlere Fehler des ganzen Stückes 66,1014 = ± 0,019, eine Sicherheit, die mehr als ausreichend ist.

§. 6.

Die doppelte Ablesung des oberen Niveaus beider Barometer geschah, um die Aenderungen des Barometerstandes, welche während der Dauer einer Beobachtung durch Aenderung der Temperatur und des Luftdruckes eintreten konnten, und die als lineare Function der Zeit betrachtet werden, zu eliminiren. Denn bezeichnet man die am Anfange der Beobachtung gemachte Ablesung des oberen Niveaus mit $a + \delta$, wo δ diese Aenderung vorstellt, die zweite mit $a - \delta$, so würde eine in der Mitte zwischen beiden liegende Ablesung den Werth a ergeben; statt dieser wurde aber der Stand b des unteren Niveaus aufgezeichnet. Man findet also hieraus und aus der ersten Beobachtung des oberen Niveaus die ganze Barometerhöhe $= a - b + \delta$, während die Ablesung des unteren, verbunden mit der zweiten des oberen Niveau, diese Höhe $= a - b - \delta$ ergiebt. Das arithmetische Mittel aus beiden ist $= a - b$ und unabhängig von δ; es entspricht der Barometerhöhe, welche in der Mitte der Beobachtung stattfand. Ebenso wurde aus den beiden Thermometerablesungen am Anfange und Ende jeder Beobachtung das arithmetische Mittel genommen, und auf diese Weise mit Hülfe der im vorigen §. angegebenen Täfelchen folgende vier Reihen gebildet:

	August 27.		August 30.		September 4.		September 5.	
Barom.	Barom.	Therm.	Barom.	Therm.	Barom.	Therm.	Barom.	Therm.
I.	960,186	+19°,25	956,723	+20°,29	962,619	+20°,94	960,699	+21°,71
II.	957,646	3,89	953,678	2,20	959,425	3,37	957,283	2,43
II.	960,060	19,23	956,725	20,31	962,700	21,01	960,821	21,88
I.	957,142	3,24	953,644	1,93	959,420	2,62	957,379	2,29
I.	959,831	19,37	956,782	20,36	962,687	21,05	960,805	22,00
II.	957,062	3,39	953,635	2,07	959,454	2,22	957,274	2,36
II.	(960,096)	19,54	956,585	20,49	962,657	21,22	960,761	22,24
I.	956,954	3,51	953,326	1,75	959,485	2,85	957,425	2,69
I.	959,433	19,63	956,466	20,53	962,474	21,41	960,683	22,40
II.	956,731	3,60	953,326	1,78	959,367	2,68	957,160	2,52
II.	959,323	19,75	956,318	20,64	962,264	21,49	960,650	22,54
I.	956,553	3,86	953,174	2,50	959,031	2,63	957,365	2,81
I.			956,366	20,77	962,271	21,64	960,771	22,67
II.			953,201	2,18	958,955	2,61	957,220	2,72
II.			956,151	20,90			960,582	22,81
I.			953,065	2,65			957,178	2,80

Es bedeuten hier in der Versuchsreihe eines jeden Tages die Zahlen der ersten Columne Umgänge der Mikrometerschraube, während die zweite wahre Grade der hundertheiligen Scale enthält. In zwei zusammengeschriebenen Horizontalreihen sind die Resulate der gleichzeitigen Ablesungen beider Barometer und bilden mit einander eine Beobachtung.

§. 7.

Jede solche Messung einer Barometerhöhe wird durch die Gleichung repräsentirt:

$$L_0 = L(1+q\tau)+\varrho-E_\tau-\frac{V_0}{V}D_0(1+\alpha\tau).$$

Es bezeichnet hierbei:

L_0 die unmittelbar gemessene Barometerhöhe,

L dieselbe absolute Höhe auf die Temperatur 0° reducirt und befreit von allen dem Instrumente anhaftenden Fehlern, die man als unabhängig von Temperatur und Luftdruck ansehen kann, wie z. B. Adhäsion und Reibung des Quecksilbers am Glase, Capillardepression, Refraction der Lichtstrahlen in der dem Fernrohre zugewendeten Seite der Barometerröhre etc.,

ϱ die algebraische Summe der Refractionsconstanten der beiden Plangläser, welche an der dem Fernrohre zugekehrten Seite der Blechröhre die beiden Durchsichten derselben verschliefsen,

q den Ausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers für 1° C.,

τ die beobachtete Temperatur in Centigraden und

E_τ die bei dieser Temperatur stattfindende Elasticität der in der Torricellischen Leere gebildeten Quecksilberdämpfe.

Das zweite subtractive Glied auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens rührt von dem Daseyn einer ganz kleinen Luftblase her, die sich am oberen Ende eines jeden der beiden Barometer bei horizontaler Lage derselben bemerklich machte, und im Laufe der Beobachtungen aus dem Quecksilber frei geworden zu seyn schien. Es be-

deutet in diesem Gliede, das offenbar die Spannkraft der eingeschlossenen Luft ausdrückt.

V_0 das Volumen der eingeschlossenen Luft bei 0° Temp. und in horizontaler Lage des Barometer, oder unter dem Drucke einer Atmosphäre,

V das Volumen derselben Luft in verticaler Lage des Barometer oder den Rauminhalt der Torricellischen Leere,

D den Druck einer ganzen Atmosphäre,

α den Ausdehnungscoëfficienten der Luft für 1° C.

Durch unmittelbare Messung wurde nun gefunden $V_0 = 0{,}014$, $V = 6790$, wobei vorsätzlich die Dimensionen des Luftbläschens wohl um das Doppelte zu grofs und der Kürze wegen in beiden Barometern gleich genommen wurden. Ferner ist $\alpha = 0{,}00366$ und in runder Zahl $D = 1000$, wobei V_0, V und D in Einheiten der Mikrometerschraube ausgedrückt sind. Für die beiden mittleren Temperaturen der Messungen $+20°$ und $+3°$ erhält man hiernach die zugehörigen Spannkräfte $= 0{,}0022$ und $0{,}0020$, Gröfsen, welche man, da bei der Bestimmung von q noch dazu nur ihre Differenz in Betracht kommen würde, ganz vernachlässigen darf.

Dasselbe gilt von der Spannkraft E_τ der Quecksilberdämpfe. Nach einer von Avogadro aus Versuchen abgeleiteten Formel (Poggendorff XXVII. 60) ist nämlich

$$\log E_\tau = -0{,}64637 . T + 0{,}075956 . T^2 - 0{,}18452 . T^3$$

wo als Einheit der Elasticität der atmosphärische Druck $0^m{,}76$, als Wärmeeinheit das Temperaturintervall 100° gilt, und T für Temperaturen unter 100° positiv zu nehmen ist. Es findet sich nach dieser Formel:

$$\text{für } T = 20° \quad E = 0{,}00000\ 20360 \text{ Millim.}$$
$$\text{und für } T = 0° \quad E = 0{,}00000\ 00852 \text{ Millim.}$$

beides Gröfsen, deren Berücksichtigung wohl keines unserer Messungsmittel gestatten dürfte.

Bezeichnet man nun speciell bei einem bestimmten Luftdrucke mit

L und $\varDelta$ die corrigirten und auf 0° reducirten Längen der Quecksilbersäulen in den Barometern I u. II.

R und r die oben mit ϱ bezeichnete Gröfse resp. für die Röhre rechts mit dem wärmeren und die Röhre links mit dem kälteren Wasser, so ist also die erste Beobachtung einer der oben mitgetheilten Versuchsreihen dargestellt durch die einfache Gleichung

$$L_1 = L\ (1 + q T_1) + R$$
$$L_2 = \Lambda\ (1 + q t_2) + r$$

(Es liegt dieser Formel die Annahme zu Grunde, dafs das Quecksilber innerhalb des beobachteten Temperaturintervalles ein lineares Ausdehnungsgesetz befolge: eine Hypothese, die auch alle früheren Beobachter machten und die für unsere engen Temperaturgränzen durch Dulong's und Petit's Beobachtungen auch hinlänglich gerechtfertigt erscheint.) Vertauscht man die beiden Barometer in den Blechgefäfsen, so hat man noch

$$L_3 = (\Lambda + \Delta)(1 + q T_3) + R$$
$$L_4 = (L + \Delta)(1 + q t_4) + r$$

wo Δ die auf 0° reducirte Aenderung der Barometerhöhe in der zwischen zwei auf einander folgenden Beobachtungen verflossenen Zeit bedeutet. Eine neue Vertauschung giebt unter der Annahme, dafs für kurze Zeitintervalle der Gang des Barometer eine lineare Function der Zeit sey, ebenso

$$L_5 = (L + 2\Delta)(1 + q T_5) + R$$
$$L_6 = (\Lambda + 2\Delta)(1 + q t_6) + r$$

aus welchen sechs Gleichungen nun die sechs Unbekannten L, Λ, Δ, q, R und r zu bestimmen sind. Versucht man diese Bestimmung auf dem gewöhnlichen Wege, so stöfst man, abgesehen von dem Umstande, dafs die Endformeln für die Zahlenrechnung zu unbequem würden, auf manche Schwierigkeiten, die in der Natur der Sache begründet sind und namentlich dann auftreten, wenn man versucht R und r zu bestimmen, deren Functionalwerthe als Differenz zweier sehr grofsen, nahe gleichen Gröfsen auftreten, während ihre Zahlenwerthe selbst natürlich nur sehr klein sind. Es war deshalb ein indirectes Verfahren vorzuziehen, zu dem noch die Kenntnifs der Differenz $R - r$

wünschenswerth erschien. Man kann zu derselben leicht durch unmittelbare Versuche gelangen. Beobachtet und vertauscht man nämlich die beiden Barometer in den Blechröhren, während dieselben mit Wasser von gleichen Temperaturen (Zimmerwärme) gefüllt sind, so hat man in den ersten vier der vorstehenden Gleichungen nur alle T und t einander gleich zu setzen, um sie für diesen Fall einzurichten. Zieht man dann die vierte von der ersten und die zweite von der dritten ab, und addirt diese Differenzen, so erhält man

$$R-r=\tfrac{1}{2}(L_1-L_4+L_3-L_2).$$

Es wurde auf diesem Wege diese Constante wirklich bestimmt, und es fand sich aus achtzehn Beobachtungen

$$R-r=+0{,}120\pm0{,}009.$$

Setzt man nun in den für die eigentlichen Beobachtungen geltenden Relationen

$$R=\tfrac{1}{2}(s+u),\quad r=\tfrac{1}{2}(s-u)$$

und reducirt die Barometerhöhen auf den während der mittleren Beobachtung stattfindenden Luftdruck, so gehen unsere sechs Gleichungen über in

$$\begin{aligned}
L_1 &= L(1+qT_1)+\tfrac{1}{2}(s+u)-\Delta(1+qT_1)\\
&=(L+\tfrac{s}{2})(1+qT_1)+\tfrac{1}{2}u-\Delta(1+qT_1)\\
L_2 &= (\Lambda 1+qt_2)+\tfrac{1}{2}(s-u)-\Delta(1+qt_2)\\
&=(\Lambda+\tfrac{s}{2})(1+qt_2)-\tfrac{1}{2}u-\Delta(1+qt_2)\\
L_3 &= \Lambda(1+qT_3)+\tfrac{1}{2}(s+u)\\
&=(\Lambda+\tfrac{s}{2})(1+qT_3)+\tfrac{1}{2}u\\
L_4 &= L(1+qt_4)+\tfrac{1}{2}(s-u)\\
&=(L+\tfrac{s}{2})(1+qt_4)-\tfrac{1}{2}u\\
L_5 &= L(1+qT_5)+\tfrac{1}{2}(s+u)+\Delta(1+qT_5)\\
&=(L+\tfrac{s}{2})(1+qT_5)+\tfrac{1}{2}u+\Delta(1+qT_5)\\
L_6 &= (\Lambda 1+qt_6)+\tfrac{1}{2}(s-u)+\Delta(1+qt_6)\\
&=(\Lambda+\tfrac{s}{2})(1+qt_6)-\tfrac{1}{2}u+\Delta(1+qt_6)
\end{aligned}$$

wo also $\tfrac{1}{2}u=+0{,}060$ zu nehmen, und nun $L+\tfrac{s}{2}$, $\Lambda+\tfrac{s}{2}$, Δ und q als die neuen Unbekannten anzusehen sind. Die zweite Transformation der rechten Seite dieser Gleichungen ist allerdings nicht ganz strenge, indem durch dieselbe

noch

noch das Product $\frac{1}{2}sqt$ addirt wurde. Es ist dieser Fehler jedoch so gering, dafs man sich denselben füglich noch gestatten kann. Denn nimmt man $t=20$, $q=\frac{1}{3350}$ und macht für die geschliffenen Gläser gewifs eine höchst unwahrscheinliche Annahme $R+r$ oder $s=1$, so wird $\frac{1}{2}sqt=\frac{1}{335}$ Umgang der Mikrometerschraube, während der mittlere Einstellungsfehler nach S. 66 ungefähr $=\frac{1}{60}$ ist.

Uebrigens hätte sich diese Willkühr durch directe Bestimmung von R und r auch umgehen lassen. Man hätte nämlich z. B. den Werth einer bekannten Anzahl von Umgängen der Mikrometerschraube an einer getheilten Scale ablesen können, die hinter den Glasplatten angebracht worden wäre. Man hätte dann die letzteren weggenommen, und dieselbe Anzahl von Theilen des Schraubenmikrometers von neuem durch die getheilte Scale bestimmt, wodurch sich die Prismacität jeder Glasplatte unmittelbar ergeben hätte.

Da jedoch die Glasplatten nicht zum Abnehmen eingerichtet waren, und der so begangene Fehler so unbedeutend ist, so wurden, um die einfache Idee des Apparates durch das Hineinbringen fremder Elemente nicht zu compliciren, diese Bestimmungen ganz unterlassen.

§. 8.

Aus den Gleichungen des vorigen §. ergiebt sich nun unmittelbar:

$$\Delta=\frac{L_9-L_2}{2+q(t_2+t_6)}-q\,\frac{(\mathit{\Lambda}+\frac{5}{2})(t_6-t_2)}{2+q(t_2+t_6)}$$

$$\mathit{\Lambda}+\tfrac{5}{2}=\frac{L_6+\frac{1}{2}u}{1+qt_6}-\Delta$$

$$L+\tfrac{5}{2}=\frac{L_4+\frac{1}{2}u}{1+qt_4}$$

$$q=\frac{L_3-L_4-u-[(\mathit{\Lambda}+\frac{5}{2})-(L+\frac{5}{2})]}{(\mathit{\Lambda}+\frac{5}{2})(T_3-t_4)+t_4[(\mathit{\Lambda}+\frac{5}{2})-(L+\frac{5}{2})]},$$

welche Relationen zur Bestimmung der vier Unbekannten in der Art benutzt wurden, dafs man zuerst mit einem genäherten Werthe von q — etwa dem von **Dulong** und

Petit gefunden — diese vier Formeln durchrechnete, mit dem so erhaltenen neuen q die Rechnung wiederholte u. s. w, bis sich für q keine Aenderung mehr ergab. Gewöhnlich war diefs schon bei der dritten Wiederholung der Rechnung der Fall.

Da nur vier Unbekannte zu bestimmen sind, so sind eigentlich zwei der gebrauchten sechs Relationen überzählig. Ich zog es jedoch vor, sämmtliche sechs Gleichungen zu der Bestimmung anzuwenden, da, wie wir sogleich sehen werden, einerseits durch diese überzählig beigezogenen Gleichungen keine Bestimmung verloren geht, und andererseits durch dieselben eine etwas schnellere Approximation und schon bei der Berechnung jedes Versuches selbst eine Art von Ausgleichung der unvermeidlichen Beobachtungsfehler möglich wird.

Da nämlich, wie die auf S. 76 gemachte Zusammenstellung zeigt, sich die Temperatur des wärmeren Wassers nur sehr langsam und regelmäfsig änderte, so reducirte ich, ehe ich mit der Berechnung der einzelnen im Laufe eines Vormittags angestellten Versuche begann, erst alle im wärmeren Wasser gemessenen Barometerhöhen durch ein vorläufiges q, dessen Werth hiebei ziemlich gleichgültig ist, auf eine und dieselbe mittlere Temperatur, und bestimmte so den Gang eines jeden der beiden Barometer und aus beiden durch Interpolation die mittlere Aenderung des Luftdruckes während der ganzen Beobachtungszeit. Zeigte sich nun bei der Berechnung eines jeden eizelnen Versuches eine Abweichung in den Werthen von L, $\varDelta$ oder Δ von den mittleren, durch Interpolation gefunden, so benutzte ich die zwei Bestimmungen, welche mir das angewandte System von sechs Gleichungen noch gestattete, in der Art, dafs ich diejenigen der obigen drei Gröfsen, welche den gröfsten Beobachtungsfehler vermuthen liefsen, noch einmal aus den noch nicht benutzten Gleichungen berechnete, wozu sich den oben angegebenen analoge Relationen ergeben; das arithmetische Mittel aus diesem neuen und dem zuerst gefundenen Werthe galt dann für die Fortsetzung der Rech-

nung als der wahre Werth der fraglichen Gröfse. Bei zwei Versuchen am 4. und 5. September kam es vor, dafs während der Dauer des Versuchs die Aenderung des Luftdruckes eine Maximumstelle erreichte, d. h. vom Wachsen ins Abnehmen überging. Da unsere Formel, ihrer Construction nach, diesen Fall ausschliefsen, so konnte die Unbekannte Δ aus denselben gar nicht berechnet werden, und es wurde zur Reduction dieser beiden Versuche blofs der durch Interpolation gefundene Werth benutzt.

War auf diese Weise die Berechnung eines Versuches beendigt, so wurde das für den nächstfolgenden dienende System von Gleichungen dadurch gebildet, dafs von eben gebrauchten die beiden ersten Gleichungen weggelassen und statt derselben die zwei nächstfolgenden unten angereiht wurden, worauf wieder aus den beiden mittleren der Werth von q berechnet wurde. Aus dem ersten und letzten Systeme der Versuchsreihe eines jeden Tages wurden immer zwei Werthe von q bestimmt, um keine Beobachtung unbenutzt verloren gehen zu lassen. Man hat dazu die beiden Formeln

$$q = \frac{L_1 - L_2 - u + [(\Delta + \frac{5}{2}) - (L + \frac{5}{2})]}{(L + \frac{5}{2} - \Delta)(T_1 - t_2) - t_2[(\Delta + \frac{5}{2}) - (L + \frac{5}{2})]}$$

und

$$q = \frac{L_5 - L_6 - u + [(\Delta + \frac{5}{2}) - (L + \frac{5}{2})]}{(L + \frac{5}{2} + \Delta)(T_5 - t_6) - t_6[(\Delta + \frac{5}{2}) - (L + \frac{5}{2})]}$$

wo die erste für den Anfang, die zweite für das Ende jeder Versuchsreihe zu benutzen ist.

Es dürfte kaum nöthig seyn, zu bemerken, dafs alle diese Formeln nur für den Fall gelten, in dem das Wechseln der Barometer in den Blechröhren in der bei Herleitung der Formeln angenommenen Reihenfolge vorgenommen wurde, nämlich für den Fall, in welchem bei der ersten Beobachtung das Barometer I. sich in der Röhre mit wärmeren Wasser befand. Für den folgenden Versuch, bei dem das Barometer II. zuerst in dem Gefäfse abgelesen wurde, werden die Formeln gültig, wenn man in demselben überall L mit Δ vertauscht.

§. 9.

Nach diesen Formeln wurden nun aus den auf S. 76 mitgetheilten Versuchsreihen folgende Werthe von q berechnet:

Aug. 27.	I.	0,00017720
		17738
	II.	17245
	III.	—
	IV.	16786
		17483
Aug. 30.	I.	17023
		16665
	II.	18200
	III.	17715
	IV.	16763
	V.	16497
	VI.	17350
		16499
Sept. 4.	I.	0,00017832
		18333
	II.	17748
	III.	17335
	IV.	17050
	V.	17006
		17729
Sept. 5.	I.	18206
		17370
	II.	17460
	III.	18010
	IV.	16756
	V.	17694
	VI.	17880
		17248

wobei die römischen Zahlen die fortlaufende Nummer der einzelnen Versuche an jedem Vormittage vorstellen. Der dritte Versuch am 27. August wurde wegen der auf S. 71 als zweifelhaft bezeichneten Beobachtung ganz weggelassen. Nimmt man nun die vorstehenden 28 Werthe von q zusammen, so ergiebt sich

$$q = 0{,}00017405 \pm 0{,}00000082$$

oder

$$q = \frac{1}{5745{,}4}\left(1 \pm \frac{1}{212}\right).$$

Nach Dulong und Petit wäre

$$q = \frac{1}{5550} = 0{,}00018028$$

so dafs also ihr Werth sich um mehr als das Siebenfache des mittleren Fehlers von vorstehender Bestimmung entfernt. Unser neu gefundener Werth stimmt fast vollkommen mit dem überein, den Poggendorff vorläufig (vergl. S. 62) wegen einer an Dulong's und Petit's Beobachtungen nöthigen Correction als den wahrscheinlichen angab, so dafs

die Bestimmung der beiden französischen Physiker der obenstehenden selbst als Bestätigung dient.

§. 10.

Die aus den einzelnen Versuchen berechneten Werthe von q zeigen allerdings nicht ganz unbeträchtliche Abweichungen vom Mittel, jedoch in der Art, dafs sich ein constanter Fehler in denselben nicht vermuthen läfst. Als Grund dieser Abweichungen lassen sich hauptsächlich drei Umstände hervorheben.

Die erste Fehlerquelle dürfte in einer Unsicherheit über die jedesmalige Temperatur der Barometer im Gefäfse links zu suchen seyn. Die oben angegebenen Beobachtungen zeigen, dafs in demselben das Wasser, trotz aller angewandten Sorgfalt, beständigen Wärmeänderungen ausgesetzt war, die während der Dauer einer Beobachtung in einzelnen Fällen fast die Gröfse eines Grades erreichten. Konnte nun auch mittelst des eingetauchten Thermometers die momentane Temperatur der Wassersäule sehr sicher gemessen werden, so läfst sich doch nicht mit gleicher Sicherheit behaupten, dafs dieselbe gleichzeitig auch für das Quecksilber im eingetauchten Barometer gelte, da letzteres immer eine gewisse, wenn auch nur sehr kleine, Zeit brauchte, um die Temperatur des umgebenden Mediums anzunehmen. Der Einflufs dieses Fehlers auf die absolute Höhe der Quecksilbersäule wird durch das Product $Lq.\Delta t$ dargestellt, wo L die gemessene Barometerhöhe, Δt die Differenz der wirklichen Temperatur des Quecksilbers und der abgelesenen Wassertemperatur bezeichnet. Macht man die gewifs übertriebene Annahme $\Delta t = 0°,1$, $L = 1000$, so ist $Lq.\Delta t = \frac{1}{57,4}$, also ungefähr dem mittleren Einstellungsfehler gleich.

(Man könnte gegen unsere zur Bestimmung von q angewandte Methode einwenden, dafs dieselbe doch auch von der Ausdehnung des Glases abhänge, da die Temperaturen durch Glasthermometer gemessen wurden, deren Gefäfse sich gleichzeitig mit dem Quecksilber ausdehnen. Dieser

Einwand ist allerdings richtig, aber von durchaus keinem Einflufse auf unser Resultat, wie das eben angegebene Product $Lq.\Delta t$ zeigt. Die Correction, welche wegen der Ausdehnung des Glases an den Thermometern anzubringen und bei den zu den Beobachtungen gebrauchten auch sorgfältig berücksicht ist, beträgt nämlich für die höchste vorkommende Temperatur +25° nur 0.05 Centesimalgrade. Hätte man dieselbe nun auch ganz vernachlässigt, so wäre die absolute Länge der Quecksilbersäule doch nur um 0,009 Umgang der Mikrometerschraube zu grofs bestimmt worden: eine Gröfse, die vom mittleren Ablesungsfehler noch weit übertroffen wird¹).

Die zweite Ungenauigkeit, welche in der bei der Berechnung der Versuche gemachten Annahme liegt, dafs der atmosphärische Druck während der Dauer eines Versuches sich nach einem linearen Gesetz ändere, hoffe ich durch die weiter oben beschriebene Rechnungsmethode möglichst unschädlich gemacht zu haben.

Von gröfserem Einflufse könnte ein anderer Umstand seyn, der mir auch von etwas allgemeinerem Interesse zu seyn scheint. Der gebrauchte Apparat war zuerst mit zwei andern Barometern versehen, deren Einrichtung von der auf S. 64 beschriebenen nur darin abwich, dafs das Caliber der Röhren in der Gegend der beiden Quecksilberspiegel etwa um eine par. Lin. geringer war, und vom unteren Niveau an die Verlängerung des offnen Schenkels sich wieder bis auf anderthalb Linien verengte, oben noch rechtwinkelig gebogen war und also in einer horizontalen Röhre von ungefähr sechs Zoll Länge endigte. Ich hatte mit diesen Barometern schon eine beträchtliche Anzahl sorgfältiger Versuche gemacht, als sich bei ihrer später begonnenen Berechnung zeigte, dafs sie in gar keine Uebereinstimmung miteinander zu bringen waren. Ein näheres Eingehen auf die Sache liefs bald den Grund dieser Widersprüche erkennen, der durch folgende, zu diesem Behufe angestellte, Versuchsreihe klar in die Augen fallen wird:

Gefäfs rechts.		Gefäfs links.		Norm. Bar. in d. Luft.	
Bar. II.	N. Th. No. 1	Bar. I.	Th. No. 4.	Bar.	Th. a. B.
				'''	R.
1008,229	367,60	1008,229	+5,68	316,35	+13,9
62,573	367,45	62,633	5,67		
1008,171	367,33	1008,171	5,67	316,05	13,9
Bar. II. wurde nun aus seinem Gefäfse genommen, horizontal gelegt und in dasselbe Gefäfs zurückgehängt. Bar. I. nicht berührt.					
1008,086	367,20	1008,086	5,68	315,77	14,0
62,238	367,15	62,678	5,68		
1008,059	367,10	1008,059	5,69	315,73	14,1
Nun ebenso mit Bar. I. verfahren, während Bar. II. unberührt gelassen wurde.					
1008,008	366,95	1008,008	5,68	315,72	14,
62,321	367,00	63,409	5,68		
1008,091	366,90	1008,091	5,67	315,76	14,4

Man sieht also, dafs keiner der beiden Barometer auf seinen vorigen Stand zurückkam, wenn man ihn einer Lagenveränderung unterworfen hatte. Die dadurch entstehenden Unterschiede der absoluten Höhen wurden manchmal gröfser als $\frac{1}{10}$ par. Lin. gefunden.

Ueber den Grund dieser auffallenden Erscheinung, die meines Wissens noch nicht näher berührt wurde, könnte man etwa die Vermuthung aufstellen, dafs bei der beträchtlichen Verlängerung des offenen Schenkels die Reibung der Luft gegen die Wände der Röhre in einem solchen Grade zunähme, dafs durch das Spiel der Quecksilbersäule die im offenen Schenkel enthaltene Luft mit der äufseren nicht mehr im Gleichgewicht bliebe, welcher Zustand sich dann nothwendig in der Höhe des Barometerstandes äufsern müfste. Es wäre aber auch recht leicht denkbar, dafs durch die Oxydschicht, welche sich bei jedem Heberbarometer nach kurzer Zeit des Gebrauches an den Röhrenwänden in der Gegend des unteren Niveaus ansetzt, die Reibung und Adhäsion des Quecksilbers hier so vermehrt werde, dafs sie kleinen Aenderungen des Luftdruckes das Gleichgewicht zu halten vermögen. Möglich auch, dafs dieser und der vorhererwähnte Umstand zusammen auf die Barometerhöhe ei-

nen Einflufs ausüben. Es scheint wenigstens aus der vorstehenden Beobachtungsreihe klar hervorzugehen, dafs für genaue Messungen des Luftdruckes die Gefäfsbarometer den heberförmigen voranstehen dürften.

Die beiden, auf die hier mitgetheilte Wahrnehmung hin, für unseren Beobachtungsapparat neu angefertigten Barometer wurden zwar vor Beginn der Messung erst mehrere Tage hindurch einer sorgfältigen Prüfung unterworfen, und liefsen in dieser Beziehung mit Bestimmtheit keinen Fehler erkennen; es läfst sich indessen auch nicht mit Zuverlässigkeit behaupten, dafs derselbe gar nicht vorhanden gewesen wäre, und nicht wenigstens von einem Theile der Abweichungen der Einzelnwerthe unseres q die Schuld trüge.

§. 11.

Da der neue Werth von q von dem seither als richtig angenommenen so bedeutend abweicht, so schien es nicht unzweckmäfsig, mittelst desselben eine neue Reductionstafel für das Barometer zu berechnen, welche hier noch im Anhange folgt. Sie gilt für ein Barometer mit der Messingscale, die nach par. Linien getheilt ist, und ist nach dem bekannten Ausdrucke

$$-\frac{\frac{5}{4}(q-m)t+\frac{5}{4}.13m}{1+\frac{5}{4}qt}h$$

berechnet, in welchem

h die abgelesene Barometerhöhe,
t die Temperatur in Réaumur'schen Graden
$q = 0{,}00017405$ den Ausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers für 1° C. und
$m = 0{,}00018785$ den Ausdehnungscoëfficienten des Messings für 1° C.

bedeutet. Es wird dann die abgelesene Barometerhöhe auf die Temperatur 0° reducirt, wenn man vorstehenden Ausdruck mit seinem Vorzeichen nach Einsetzung der Zahlenwerthe zu derselben addirt.

Die Tafel ist natürlich auch für metrische und nach englischem Maafse getheilte Barometer mit Centesimal- oder Fahrenheit'sche Thermometer gültig, wenn man nur vorher die Temperaturen in Réaumur'schen Graden und die Barometerhöhen in par. Lin. ausdrückt. Die zu dieser Umwandlung nöthigen Tafeln finden sich in Schumacher's astronom. Jahrb. 1844. S. 78 ff.

Réaumur.	25 Zoll											
	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
− 5°	+0,199	+0,200	+0,200	+0,201	+0,202	+0,202	+0,203	+0,204	+0,204	+0,205	+0,206	+0,207
4	0,141	0,141	0,141	0,142	0,142	0,143	0,143	0,143	0,144	0,144	0,145	0,145
3	0,083	0,083	0,083	0,084	0,084	0,084	0,085	0,085	0,085	0,085	0,086	0,086
2	+0,025	+0,025	+0,025	+0,025	+0,025	+0,025	+0,025	+0,025	+0,025	+0,025	+0,025	+0,025
− 1	− 0,034	− 0,034	− 0,034	− 0,034	− 0,034	− 0,034	− 0,035	− 0,035	− 0,035	− 0,035	− 0,035	− 0,035
0	0,092	0,092	0,092	0,093	0,093	0,093	0,094	0,094	0,094	0,094	0,095	0,095
+1	0,150	0,150	0,151	0,151	0,152	0,152	0,152	0,153	0,153	0,154	0,154	0,15
2	0,208	0,209	0,209	0,210	0,210	0,211	0,212	0,212	0,213	0,214	0,214	0,215
3	0,266	0,267	0,267	0,268	0,269	0,270	0,271	0,271	0,272	0,273	0,274	0,275
4	0,324	0,325	0,326	0,327	0,328	0,329	0,330	0,331	0,332	0,333	0,334	0,336
5	0,382	0,383	0,385	0,386	0,387	0,389	0,390	0,391	0,392	0,393	0,394	0,396
6	0,440	0,441	0,443	0,444	0,446	0,447	0,448	0,450	0,451	0,453	0,454	0,456
7	0,498	0,449	0,501	0,503	0,504	0,506	0,508	0,509	0,511	0,513	0,514	0,516
8	0,556	0,558	0,559	0,561	0,563	0,565	0,567	0,569	0,570	0,572	0,574	0,576
9	0,614	0,616	0,618	0,620	0,622	0,624	0,627	0,629	0,631	0,633	0,635	0,637
10	0,672	0,674	0,676	0,679	0,681	0,683	0,686	0,688	0,690	0,693	0,695	0,697
11	0,730	0,732	0,735	0,737	0,740	0,742	0,744	0,747	0,750	0,752	0,755	0,757
12	0,788	0,790	0,793	0,795	0,798	0,801	0,803	0,806	0,808	0,811	0,813	0,816
13	0,846	0,849	0,851	0,854	0,857	0,859	0,862	0,865	0,867	0,870	0,873	0,876
14	0,904	0,907	0,910	0,913	0,916	0,919	0,922	0,925	0,928	0,931	0,934	0,937
15	0,962	0,965	0,968	0,972	0,975	0,978	0,981	0,984	0,988	0,991	0,994	0,997
16	1,020	1,023	1,027	1,030	1,033	1,037	1,040	1,044	1,047	1,050	1,054	1,057
17	1,078	1,081	1,085	1,088	1,092	1,095	1,099	1,103	1,106	1,110	1,113	1,116
18	1,136	1,139	1,143	1,147	1,150	1,154	1,158	1,161	1,165	1,169	1,172	1,176
19	1,194	1,197	1,201	1,205	1,209	1,213	1,217	1,221	1,225	1,229	1,233	1,237

Réaumur.	25 Zoll.											
	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
20	1,251	1,255	1,259	1,264	1,268	1,272	1,276	1,280	1,284	1,288	1,292	1,296
21	1,309	1,313	1,317	1,322	1,326	1,331	1,335	1,340	1,344	1,348	1,353	1,357
22	1,366	1,370	1,375	1,379	1,384	1,389	1,393	1,398	1,402	1,407	1,411	1,416
23	1,424	1,429	1,434	1,438	1,443	1,448	1,452	1,457	1,462	1,467	1,471	1,476
24	1,481	1,486	1,491	1,496	1,501	1,506	1,511	1,516	1,521	1,526	1,531	1,536
25	— 1,539	— 1,544	— 1,549	— 1,554	— 1,559	— 1,564	— 1,570	— 1,575	— 1,580	— 1,585	— 1,590	— 1,595
	26 Zoll.											
— 5°	+ 0,207	+ 0,207	+ 0,208	+ 0,209	+ 0,209	+ 2,210	+ 0,211	+ 0,212	+ 0,212	+ 0,213	+ 0,214	+ 0,215
4	0,146	0,146	0,147	0,148	0,148	0,149	0,150	0,150	0,151	0,152	0,152	0,153
3	0,086	0,086	0,087	0,087	0,087	0,088	0,088	0,088	0,089	0,089	0,089	0,090
2	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,026	+ 0,026	+ 0,026	+ 0,026	+ 0,026	+ 0,027	+ 0,027	+ 0,027
— 1	— 0,035	— 0,035	— 0,035	— 0,035	— 0,035	— 0,035	— 0,035	— 0,036	— 0,036	— 0,036	— 0,036	— 0,036
0	0,095	0,095	0,095	0,096	0,096	0,096	0,097	0,097	0,097	0,098	0,098	0,098
+ 1	0,155	0,155	0,156	0,156	0,157	0,157	0,158	0,158	0,159	0,160	0,160	0,161
2	0,216	0,216	0,217	0,218	0,218	0,219	0,220	0,220	0,221	0,222	0,223	0,224
3	0,276	0,276	0,277	0,278	0,279	0,280	0,281	0,282	0,283	0,284	0,285	0,286
4	0,337	0,338	0,339	0,340	0,341	0,343	0,344	0,345	0,346	0,347	0,348	0,349
5	0,397	0,398	0,399	0,401	0,402	0,403	0,405	0,406	0,407	0,409	0,410	0,411
6	0,457	0,458	0,460	0.461	0,463	0,464	0,466	0,467	0,469	0,470	0,472	0,473
7	0,518	0,519	0,521	0,523	0,524	0,526	0,527	0,529	0,531	0,532	0,534	0,536
8	0,578	0,580	0,581	0,583	0,585	0,587	0,589	0,591	0,593	0,595	0,597	0,599
9	0,639	0,641	0,643	0,645	0,647	0,649	0,651	0,654	0,656	0.658	0,660	0,662
10	0,699	0,701	0,703	0,705	0,708	0,710	0,712	0,714	0,717	0,719	0,721	0,723
11	0,759	0,761	0,763	0,766	0,768	0,771	0,773	0,776	0,778	0,781	0,783	0,786
12	0,819	0,822	0,824	0,827	0,830	0,832	0,835	0,837	0,840	0,843	0,845	0,848
13	0,879	0,882	0,884	0,887	0,890	0,893	0,896	0,899	0,901	0,904	0,907	0,910
14	0,940	0,943	0,946	0,949	0,952	0,955	0,958	0,961	0,964	0,967	0,970	0,973

Réaumur.	26 Zoll.											
	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
15	1,000	1,003	1,006	1,010	1,013	1,016	1,019	1,023	1,026	1,029	1,032	1,035
16	1,060	1,063	1,066	1,070	1,073	1,077	1,080	1,084	1,087	1,091	1,094	1,098
17	1,120	1,123	1,127	1,130	1,134	1,137	1,141	1,144	1,148	1,152	1,155	1,159
18	1,180	1,183	1,187	1,191	1,194	1,198	1,202	1,206	1,210	1,214	1,218	1,222
19	1,241	1,244	1,248	1,252	1,256	1,260	1,264	1,268	1,272	1,276	1,280	1,284
20	1,301	1,305	1,309	1,313	1,317	1,322	1,326	1,330	1,334	1,338	1,342	1,346
21	1,361	1,365	1,369	1,374	1,378	1,382	1,387	1,391	1,395	1,399	1,404	1,408
22	1,421	1,426	1,430	1,435	1,439	1,444	1,448	1,453	1,457	1,462	1,466	1,471
23	1,481	1,486	1,491	1,496	1,500	1,505	1,510	1,515	1,519	1,524	1,529	1,533
24	1,541	1,545	1,550	1,555	1,560	1,565	1,570	1,575	1,580	1,585	1,590	1,595
25	− 1,600	− 1,605	− 1,610	− 1,616	− 1,621	− 1,626	− 1,631	− 1,636	− 1,642	− 1,647	− 1,652	− 1,657

Réaumur.	27 Zoll.											
	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
− 5	+ 0,216	+ 0,216	+ 0,217	+ 0,218	+ 0,218	+ 0,219	+ 0,220	+ 0,220	+ 0,221	+ 0,222	+ 0,223	+ 0,223
4	0,153	0,153	0,154	0,154	0,155	0,155	0,156	0,156	0,157	0,157	0,158	0,158
3	0,090	0,090	0,090	0,090	0,091	0,091	0,091	0,091	0,092	0,092	0,092	0,092
2	+ 0,027	+ 0,027	+ 0,027	+ 0,027	+ 0,027	+ 0,027	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028
− 1	− 0,036	− 0,036	− 0,036	− 0,036	− 0,036	− 0,037	− 0,037	− 0,037	− 0,037	− 0,037	− 0,038	− 0,038
0	0,099	0,099	0,099	0,100	0,100	0,100	0,101	0,101	0,101	0,102	0,102	0,102
+ 1	0,162	0,162	0,163	0,163	0,164	0,164	0,165	0,165	0,166	0,166	0,167	0,167
2	0,224	0,225	0,226	0,227	0,227	0,228	0,229	0,230	0,230	0,231	0,232	0,233
3	0,287	0,287	0,288	0,289	0,290	0,291	0,292	0,293	0,294	0,295	0,296	0,297
4	0,350	0,351	0,352	0,353	0,354	0,356	0,357	0,358	0,359	0,360	0,361	0,362
5	0,412	0,413	0,414	0,416	0,417	0,418	0,420	0,421	0,422	0,424	0,425	0,426
6	0,475	0,476	0,478	0,479	0,481	0,482	0,484	0,485	0,487	0,488	0,490	0,491
7	0,538	0,540	0,542	0,543	0,545	0,547	0,548	0,550	0,552	0,553	0,555	0,557
8	0,601	0,603	0,605	0,607	0,609	0,610	0,612	0,614	0,616	0,618	0,620	0,622
9	0,664	0,666	0,668	0,670	0,672	0,674	0,676	0,678	0,680	0,682	0,684	0,686

Réaumur.	27 Zoll.											
	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
10	0,726	0,728	0,730	0,733	0,735	0,737	0,739	0,742	0,744	0,746	0,748	0,751
11	0,788	0,790	0,793	0,795	0,798	0,800	0,803	0,805	0,808	0,810	0,813	0,815
12	0,851	0,854	0,857	0,859	0,862	0,865	0,868	0,870	0,873	0,876	0,879	0,881
13	0,913	0,916	0,919	0,922	0,924	0,927	0,930	0,933	0,936	0,939	0,942	0,945
14	0,976	0,979	0,982	0,985	0,988	0,991	0,994	0,997	1,000	1,003	1,006	1,009
15	1,038	1,041	1,044	1,048	1,051	1,054	1,057	1,061	1,064	1,067	1,070	1,074
16	1,101	1,104	1,108	1,111	1,115	1,118	1,121	1,125	1,128	1,132	1,135	1,139
17	1,163	1,167	1,170	1,174	1,178	1,181	1,185	1,189	1,192	1,196	1,200	1,203
18	1,226	1,229	1,233	1,237	1,241	1,245	1,249	1,253	1,257	1,260	1,264	1,268
19	1,288	1,292	1,296	1,300	1,304	1,309	1,313	1,317	1,321	1,325	1,329	1,333
20	1,351	1,355	1,360	1,364	1,368	1,372	1,376	1,380	1,384	1,389	1,393	1,397
21	1,413	1,417	1,422	1,426	1,431	1,435	1,439	1,444	1,448	1,453	1,457	1,462
22	1,476	1,481	1,485	1,490	1,494	1,499	1,503	1,508	1,512	1,517	1,521	1,526
23	1,538	1,543	1,548	1,552	1,557	1,562	1,567	1,571	1,576	1,581	1,586	1,590
24	1,600	1,605	1,610	1,615	1,620	1,625	1,630	1,635	1,640	1,645	1,650	1,655
25	— 1,662	— 1,667	— 1,672	— 1,677	— 1,683	— 1,688	— 1,693	— 1,698	— 1,704	— 1,709	— 1,714	— 1,719

28 Zoll.

Réaumur.	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
— 5	+ 0,224	+ 0,225	+ 0,226	+ 0,226	+ 0,227	+ 0,228	+ 0,228	+ 0,229	+ 0,230	+ 0,230	+ 0,231	+ 0,232
4	0,159	0,159	0,160	0,160	0,161	0,161	0,162	0,162	0,163	0,163	0,164	0,164
3	0,093	0,093	0,093	0,093	0,094	0,094	0,094	0,095	0,095	0,095	0,095	0,096
2	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029
— 1	— 0,038	— 0,038	— 0,038	— 0,039	— 0,039	— 0,039	— 0,039	— 0,039	— 0,040	— 0,040	— 0,040	— 0,040
0	0,103	0,103	0,103	0,104	0,104	0,104	0,105	0,105	0,105	0,106	0,106	0,106
+ 1	0,168	0,168	0,169	0,169	0,170	0,170	0,171	0,171	0,172	0,172	0,173	0,173
2	0,233	0,234	0,235	0,235	0,236	0,237	0,238	0,238	0,239	0,240	0,241	0,242
3	0,298	0,298	0,299	0,300	0,301	0,302	0,303	0,304	0,305	0,306	0,307	0,308
4	0,363	0,364	0,366	0,367	0,368	0,369	0,370	0,371	0,372	0,373	0,374	0,374

Réaumur.	28 Zoll.											
	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
5	0,428	0,429	0,431	0,432	0,433	0,435	0,436	0,437	0,439	0,440	0,441	0,442
6	0,493	0,494	0,496	0,497	0,499	0,500	0,502	0,503	0,505	0,506	0,508	0,509
7	0,558	0,560	0,561	0,563	0,565	0,566	0,568	0,570	0,571	0,573	0,575	0,577
8	0,623	0,624	0,626	0,628	0,630	0,632	0,634	0,636	0,637	0,639	0,641	0,643
9	0,688	0,690	0,692	0,694	0,696	0,698	0,700	0,702	0,704	0,706	0,708	0,710
10	0,753	0,753	0,757	0,760	0,762	0,764	0,766	0,769	0,771	0,773	0,775	0,777
11	0,818	0,820	0,823	0,825	0,828	0,830	0,833	0,835	0,838	0,840	0,843	0,845
12	0,883	0,886	0,888	0,891	0,894	0,896	0,899	0,902	0,904	0,907	0,910	0,913
13	0,948	0,950	0,953	0,956	0,959	0,962	0,965	0,968	0,971	0,974	0,977	0,980
14	1,012	1,015	1,018	1,021	1,024	1,027	1,030	1,033	1,036	1,039	1,042	1,045
15	1,077	1,080	1,083	1,087	1,090	1,093	1,096	1,100	1,103	1,106	1,109	1,113
16	1,142	1,145	1,149	1,152	1,156	1,159	1,162	1,166	1,169	1,173	1,176	1,180
17	1,207	1,211	1,214	1,218	1,122	1,225	1,229	1,233	1,236	1,240	1,244	1,247
18	1,272	1,276	1,279	1,283	1,287	1,291	1,294	1,298	1,302	1,306	1,310	1,314
19	1,337	1,341	1,345	1,349	1,353	1,357	1,361	1,366	1,370	1,374	1,378	1,382
20	1,401	1,406	1,410	1,414	1,418	1,422	1,426	1,430	1,434	1,439	1,443	1,447
21	1,466	1,470	1,474	1,479	1,483	1,488	1,492	1,497	1,501	1,506	1,510	1,515
22	1,530	1,534	1,539	1,543	1,548	1,552	1,557	1,561	1,566	1,570	1,575	1,579
23	1,595	1,600	1,605	1,609	1,614	1,619	1,624	1,628	1,633	1,638	1,643	1,648
24	1,660	1,665	1,670	1,675	1,680	1,685	1,690	1,695	1,700	1,705	1,710	1,715
25	– 1,724	– 1,729	– 1,734	– 1,739	– 1,745	– 1,750	– 1,755	– 1,760	– 1,765	– 1,770	– 1,775	– 1,780

IV. *Ueber die quantitative Bestimmung der unorganischen Bestandtheile in den organischen Substanzen; von Heinrich Rose.*

Nachdem man, besonders durch den Einflufs von Liebig's Bemühungen, die unorganischen Bestandtheile in den organischen Körpern mit gröfserer Sorgfalt als früher zu bestimmen suchte, überzeugte man sich von der Schwierigkeit dieser Untersuchungen. Die Zerstörung einer aufserordentlich grofsen Menge von organischer Substanz gelingt, wenn dieselbe nur sehr geringe Mengen unorganischer Bestandtheile enthält, und wenn sie durch die erste Einwirkung der Hitze schmilzt, oft nur bei einer sehr hohen Temperatur, durch welche gewisse unorganische Bestandtheile theils verflüchtigt, theils wesentlich in ihrer Zusammensetzung verändert werden. Deshalb weichen die Aschenanalysen von denselben organischen Körpern, welche von verschiedenen ganz zuverlässigen Chemikern angestellt worden sind, oft ganz aufserordentlich von einander ab, und dieser Mangel an Uebereinstimmung rührt weniger von einem Mangel an Genauigkeit und an Umsicht her, als von der Anwendung verschiedener Methoden.

Ich habe vor einiger Zeit eine Methode der Untersuchung der unorganischen Bestandtheile in den organischen Substanzen veröffentlicht, die mir die wesentlichsten Mängel der gebräuchlichen Methoden nicht zu haben schien. Sie gründete sich darauf, dafs die organische Substanz bei geringer Hitze verkohlt, die verkohlte Masse erst mit Wasser, und dann mit Chlorwasserstoffsäure ausgekocht, und dafs endlich die durch Auflösungsmittel erschöpfte Kohle, mit Platinchlorid befeuchtet, beim Zutritt der Luft verbrannt wird, was in den meisten Fällen bei nicht sehr hoher Temperatur sich ausführen läfst. Ich zeigte, dafs die verschiedenen organischen Subztanzen hierbei ein wesentlich verschiedenes Verhalten zeigen, dafs nämlich aus einigen

die unorganischen Bestandtheile fast vollständig durch die Auflösungsmittel ausgezogen werden können, während dafs man bei andern diefs nur in einem geringen Maafse bewerkstelligen kann.

Die vorgeschlagene Methode erfüllt ihren Zweck bis zu einem gewissen Grade. Sorgfältig angestellte Versuche haben gezeigt, dafs die Endresultate der Untersuchung nach dieser Methode, von verschiedenen Chemikern ausgeführt, sehr genau übereinstimmen können. Allein dennoch hat auch diese Methode ihre Mängel, welche im Laufe dieser Abhandlung, in welcher ich eine Modification derselben ausführlich beschreiben werde, berührt werden sollen.

Nach dieser veränderten Methode werden die organischen Substanzen, wie bei der ältern, auch erst bei gelinder Hitze verkohlt. Diefs geschieht, wie es früher beschrieben ist, in einem Thontiegel oder, wenn sie nur ein geringes Volumen einnehmen, in einem etwas grofsen Platintiegel. Kommt es besonders darauf an, in der Kohle einen Gehalt an Kieselsäure nachzuweisen, so darf man sich zur Verkohlung nur eines Platintiegels bedienen; denn bei Anwendung eines hessischen Tiegels oder eines andern Thontiegels kann leicht von der Masse des Tiegels etwas abgerieben werden, und sich mit der verkohlten Substanz mengen, besonders wenn man animalische Substanzen, die bei höherer Temperatur schmelzen, verkohlt.

Flüssige animalische Substanzen, wie Milch, Galle, Blut u. s. w. müssen zuerst in einer Porcellanschale zur Trocknifs abgedampft werden. Um den Wassergehalt dieser Substanzen zu erfahren, dampft man eine gewogene Quantität derselben im Wasserbade zur Trocknifs ab, und erhitzt sie so lange bei 100° C. bis sie nichts mehr an Gewicht verliert. Die getrockneten Rückstände einiger Substanzen (namentlich der sogenannten Proteïnkörper) nehmen dabei eine knorpelartige Beschaffenheit an, wie z. B. das Eiweifs und das Blutserum. Es ist bei diesen schwer alles Wasser auszutreiben. Man mufs daher beim Eindampfen die Masse so viel wie möglich zu zerkleinern suchen; denn die spröde

Masse im Mörser zu zerreiben, ist oft nicht ohne Verlust möglich.

Bei der Verkohlung einiger thierischen Substanzen findet oft die grofse Unannehmlichkeit statt, dafs die Masse stark schäumt und leicht aus dem Tiegel steigt. In diesem Falle darf man nur kleine Mengen der Substanz in den Tiegel tragen und verkohlen. Bequemer ist es dann, die Substanzen, welche bei erhöhter Temperatur schmelzen, zuerst in einer Platinschale unter beständigen Umrühren so lange zu erhitzen, bis sie ihren flüssigen Zustand ganz verloren haben, und die organische Materie zum gröfsten Theil schon zerstört ist. Der verkohlte Rückstand wird dann in einen Platintiegel oder auch jetzt ohne Nachtheil in einen Thontiegel gebracht, und mit gut aufgelegtem Deckel, im ersten Falle über der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, im letzten Falle zwischen Kohlenfeuer bis zur dunkelsten Rothgluht erhitzt.

Bei der Verkohlung der meisten Pflanzensubstanzen, namentlich der Saamen und der Stroharten sind diese Vorsichtsmafsregeln nicht nöthig, da diese bei der Verkohlung nicht schmelzen, und meistentheils ihre Structur behalten.

Auch die Pflanzensubstanzen werden einer Temperatur von 100° C. ausgesetzt, um den Wassergehalt in ihnen zu bestimmen. Es versteht sich, dafs man eigentlich nur nöthig hat, einen Theil dazu zu verwenden. Sie können dann ohne Nachtheil in einem Thontiegel verkohlt, und nach der Verkohlung mit Leichtigkeit aus dem Tiegel geschüttet werden, ohne dafs etwas von der Substanz an den Wänden des Tiegels haften bleibt, und abgerieben werden mufs.

Vor der Verkohlung von Pflanzensubstanzen, namentlich von kleinen Saamenkörnern, mufs man dieselben aufs sorgfältigste von dem beigemengten Sande zu reinigen suchen, da dieser bei der Einäscherung auf die Bestandtheile der Asche zersetzend einwirken, und zu ungenauen Resultaten Veranlassung geben kann.

Dieses Reinigen der Saamenkörner ist bisweilen mit grofsen Schwierigkeiten verknüpft, da die äufsere Hülle oft

mit

mit einem ganz feinen Sande, oder mit Thon so imprägnirt ist, dafs sie nur schwer davon zu befreien sind. Es ist diefs namentlich beim Rapssaamen und anderen sehr kleinen Saamenkörnern der Fall. Am besten gelingt diese Reinigung vom Sande oder vom Thon, wenn man die Saamenkörner in einem Becherglase mit einer nicht zu grofsen Menge destillirten Wassers übergiefst, einige Augenblicke mit einen Glasstab gut umrührt und dann auf ein etwas weitlöcheriges Sieb bringt, das den feinen Sand durchlaufen läfst, die Saamenkörner aber zurückbehält. Man mufs diese Operation noch einige Male wiederholen, aber nie dabei die Körner lange Zeit mit dem Wasser in Berührung lassen, weil sonst aus ihnen auflösliche Salze könnten ausgezogen werden. Man bringt dann den Saamen auf ein leinenes Tuch und reibt ihn zwischen demselben, wodurch noch feiner an den Körnern haftender Sand fortgenommen wird. Der so gereinigte Saamen ist jetzt fast vollständig rein von fremden Beimengungen. Nach dem Trocknen wird er verkohlt.

Bei der beschriebenen Operation wird man sich überzeugen, mit was für einer aufserordentlich grofsen Menge von Sand und Thon, die sich oft als eine dicke Schicht in dem Wasser absetzt, die Saamenkörner verunreinigt sind. Unterläfst man diese Reinigung, so findet man bei der Untersuchung der Asche oft so grofse Quantitäten von Kieselsäure und bisweilen auch Thonerde, dafs die erhaltenen Resultate dadurch ganz werthlos werden. Die grofse Verschiedenheit hinsichtlich des Kieselsäuregehalts der Asche einiger organischer Substanzen, die von verschiedenen Chemikern untersucht worden sind, mag wenigstens zum Theil diesem Umstande zugeschrieben werden. Auch wenn von einigen Chemikern Thonerde in der Asche von Pflanzen angegeben wird, so ist wahrscheinlich eine Verunreinigung derselben mit Thon die Ursache davon.

Bei der Untersuchung der Asche eines Rapssaamens, der nicht auf die so eben angeführte Weise gewaschen, sondern auf andere Weise sorgfältig vom Sand getrennt

worden war, und der für hinreichend rein gehalten wurde, da er in einem Beutel durch Schlagen desselben abgestäubt, darauf gesiebt, und dann noch von gröfseren Sandkörnern und andern fremdartigen Beimengungen sorgfältig ausgesucht worden war, gab die erhaltene Asche bei Anwendung von 300 Grm. Saamenkörnern 23,689 Grm. eines ganz feinen Sandes. Unter den Bestandtheilen der Asche wurden 4,36 Proc. Eisenoxyd, 4,32 Proc. Thonerde und 5,55 Proc. Kieselsäure gefunden. Nachdem aber bei einer Wiederholung der Analyse der Saamen durch Waschen auf die oben angeführte Weise gereinigt worden war, gab die Asche 0,63 Proc. Eisenoxyd und 0,91 Proc. Kieselsäure und gar keine Thonerde.

Erhält man beim Auflösen einer Asche in Säuren einen bedeutenden Rückstand von Sand, so kann man mit Sicherheit annehmen, dafs die erhaltenen Resultate kein grofses Vertrauen verdienen.

Zur Untersuchung der Asche von Pflanzensubstanzen, reicht in den meisten Fällen eine Menge von 100 Grm. hin, und auch diese Quantität ist bisweilen schon überflüssig grofs. Nur in manchen Fällen ist es bequem, gröfsere Mengen von Asche zur Verfügung zu haben, um einzelne Bestandtheile aus verschiedenen Mengen von Asche bestimmen zu können.

Bei der Untersuchung animalischer Substanzen mufs man jedoch in fast allen Fällen eine weit gröfsere Menge derselben anwenden, um (da ihr Wassergehalt häufig zwischen 60 und 90 Proc. beträgt) eine hinreichende Menge von Asche zur Untersuchung zu erhalten.

Man hat schon von verschiedenen Seiten darauf aufmerksam gemacht, welche Ungenauigkeiten in den Resultaten der Analyse entstehen, wenn man die verkohlte Substanz beim Zutritt der Luft einäschert. Wenn diefs in einer Muffel bei möglichst niedriger Temperatur geschieht, so ist diefs wenigstens sehr langwierig. Und wenn bei einer solchen möglichst niedrigen Temperatur die Verflüchtigung oder Zersetzung einzelner Bestandtheile bei grofser Vorsicht vermindert werden könnte, so können doch durch

die lange Dauer, mit welcher die Einäscherung verknüpft ist, Veränderungen in der Asche hervorgebracht werden.

Bei meiner früheren Methode wurde, wie schon oben bemerkt, die verkohlte Masse zuerst fein gepulvert, darauf mit Wasser, dann mit Chlorwasserstoffsäure ausgezogen, und endlich die durch Auflösungsmittel erschöpfte Kohle vermittelst Platinchlorids verbrannt. Die bei diesen drei Operationen erhaltenen Theile wurden jeder für sich untersucht, und endlich die in allen drei Theilen gefundenen Bestandtheile vereinigt, und aus ihnen die Zusammensetzung der Asche berechnet.

Diese Methode war nicht blofs langwierig und umständlich, sondern sie war auch mit einigen Ungenauigkeiten verknüpft. Denn neuere Versuche haben gezeigt, dafs namentlich aus der verkohlten Masse, durch Wasser nicht die ganze Menge der alkalischen Chlormetalle ausgezogen werden kann. Man konnte also, wenn man auch durch die nachherige Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure und Platinchlorid die richtige Menge der Alkalien erhielt, doch einen Verlust an Chlor nicht vermeiden.

Wenn man nun keinen Werth darauf legt, zu erfahren, in welchem Zustand die unorganischen Bestandtheile in den organischen Substanzen enthalten sind, und nicht zu wissen beabsichtigt, ob sie durch Auflösungsmittel ganz oder nur zum Theil ausgezogen werden können, so kann man in der verkohlten Masse die Kohle vollständig oxydiren, um die organischen Bestandtheile sogleich zu erhalten.

Das Verbrennen der Kohle geht vermittelst Platinchlorids in den meisten Fällen zwar recht gut von statten, aber die Methode hat schon den grofsen Nachtheil, dafs man auf die genaue Bestimmung des Chlors Verzicht leisten mufs. Da nun das Platinchlorid die Oxydation der Kohle bei möglichst niedriger Temperatur nicht durch das entweichende Chlor, sondern durch das entstandene fein zertheilte Platin bewirkt, so lag es nahe, statt des Platinchlorids Platinschwamm anzuwenden.

Die Erfahrung hat gezeigt, dafs man bei Anwendung

des Platinschwamms sehr gute Resultate erhalten kann. Hr. Weber hat durch Versuche, deren Resultate weiter unten mitgetheilt werden, erwiesen, dafs wenn man gewogene Quantitäten von unorganischen Salzen mit bedeutenden Mengen von organischer Substanz (Zucker) mengt, das Gemenge verkohlt, und die verkohlte Masse nach Mengung mit Platinschwamm verbrennt, man die ganze Menge der angewandten unorganischen Salze, wenn sie löslich sind, schon durch Wasser ohne Verlust ausziehen kann. — Es ist übrigens schon eine lange bekannte Erfahrung, dafs wenn Kaliumplatinchlorid vorsichtig geglüht wird, man durch Auswaschen mit Wasser die ganze Menge des in ihm enthaltenen Chlorkaliums erhalten kann.

Die Wirkung des fein zertheilten Platins ist hierbei eine zweifache. Durch die Einmengung des unschmelzbaren Platins wird verhindert, dafs namentlich die leicht schmelzbaren Salze die Kohle umgeben, und sie gegen die Verbrennung schützen können, was die hauptsächliche Ursach der schweren Oxydation der Kohle bei möglichst niedriger Temperatur ist. Dann aber besitzt bekanntlich das fein zertheilte Platin in einem hohen Grade die Eigenschaft, Gasarten zwischen seinen Poren zu verdichten, wodurch die Verbrennung der Kohle erleichtert und beschleunigt wird.

Was die erste Eigenschaft des Platins betrifft, so hat schon vor längerer Zeit Wackenroder darauf aufmerksam gemacht, dafs es die leicht schmelzbaren unorganischen alkalischen Salze in manchen organischen Substanzen sind, welche die Verbrennung derselben ungemein erschweren, und er hatte deshalb auch vorgeschlagen, die an Erdarten armen verkohlten organischen Körper mit kohlensaurer Baryterde zu mengen, um die Verbrennung der Kohle zu erleichtern. Diese Erleichterung wird auch dadurch bewirkt, aber obgleich man die angewandte Baryterde in manchen Fällen leicht durch Schwefelsäure fortschaffen kann, so ist das doch, besonders bei Anwesenheit von Kalkerde, mit nicht geringen Unbequemlichkeiten verknüpft.

Das Verfahren bei Anwendung des Platinschwamms ist folgendes: Die verkohlte organische Substanz wird in einem Porcellanmörser vorsichtig fein zerrieben, und mit 20 bis 30 Grm. Platinschwamm auf das innigste gemengt. Diese Menge ist mehr als hinreichend, und in Ermangelung so großer Mengen von Platin kann man auch bedeutend weniger anwenden; doch geht die Verbrennung der verkohlten Masse weit leichter und schneller von statten, wenn sie mit sehr vielem Platin gemengt ist. Das Gemenge bringt man hierauf in eine kleine dünne Platinschale oder besser auf einen großen concaven Platindeckel von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser und erhitzt das Ganze über der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge. Nach kurzer Zeit, ehe noch das Gemenge ins Glühen gekommen ist, fängt jedes Kohlentheilchen an zu verglimmen, und die Oberfläche des schwarzen Gemenges überzieht sich mit einer grauen Schicht. Durch fleißsiges vorsichtiges Umrühren mit einem kleinen Platinspatel erneuert man die Oberfläche und befördert die Verbrennung. So lange noch unverbrannte Kohle in der Masse enthalten ist, findet ein Verglimmen statt, sobald sie aber vollständig verbrannt ist, hört jedes sichtbare Erglühen auf, auch wenn man dieselbe stärker erhitzt. Da die Verbrennung des ganzen Gemenges nicht auf einmal stattfinden kann, so bringt man neue, nicht zu große, Quantitäten auf den Platindeckel oder in die Schale.

Die erhaltene graue platinhaltige Masse wird in einen Platintiegel gebracht und im Luftbade bei einer Temperatur von 120° C. so lange erhitzt, bis sich das Gewicht derselben nicht mehr verändert. Man kocht sie darauf mit Wasser aus und wäscht das Ungelöste mit heißem Wasser aus; das Auswaschen ist in kurzer Zeit beendet. In der filtrirten Flüssigkeit sind alle im Wasser löslichen Bestandtheile der Asche enthalten, nebst geringen Mengen phosphorsaurer Erden, welche vom Wasser in sehr geringer Quantität mit aufgelöst werden. Der ungelöste Rückstand enthält die phosphorsauren Erden, und auch Alkalien. Die Gegenwart letzterer rührt davon her, daß beim Er-

hitzen die pyro- und metaphosphorsauren Erden aus den entstandenen kohlensauren Alkalien Kohlensäure ausgetrieben und im Wasser unlösliche Doppelsalze von phosphorsauren Erden und Alkalien gebildet haben. In einigen Fällen, besonders bei der Untersuchung von Stroharten, enthält die wässrige Auflösung aufser Kalkerde und Magnesia noch eine mehr oder minder grofse Menge von Kieselsäure. Erstere sind zum Theil im reinen Zustande bei der Auflösung enthalten, wenn sie ihre Kohlensäure durch eine zu starke Hitze verloren haben.

Die kohlensauren Alkalien in der verkohlten Masse können zum Theil durch Einwirkung der Kohle, zum Theil auch durch die der pyro- und metaphosphorsauren Salze, einen Theil ihrer Kohlensäure verloren haben. Die Bestimmung der Kohlensäure in der Asche hat daher keinen grofsen Werth, da eine gröfsere oder geringere Menge von gefundener Kohlensäure von manigfaltigen Umständen abhängen kann. Hat man in einer Asche keine Kohlensäure gefunden, findet man aber bei der Zusammenstellung der Resultate die Phosphorsäure mit den Basen als dreibasische phosphorsaure Salze verbunden, so kann man mit Sicherheit annehmen, dafs Kohlensäure wenigstens in der schwach verkohlten Masse enthalten war, da die dreibasischen phosphorsauren Alkalien, und besonders auch die dreibasische phosphorsaure Magnesia eine sehr geringe Beständigkeit besitzen, und nicht gut in einer organischen Substanz existiren können, da sie sich mit so grofser Leichtigkeit in wasserhaltige phosphorsaure und in kohlensaure Salze verwandeln.

Es wäre wünschenswerth, gemeinschaftlich übereinzukommen, ob man bei Aschenanalysen die gefundene Kohlensäure mit anführen soll oder nicht, um die Resultate der Analysen besser mit einander vergleichbar zu machen.

Der erhaltene wäfsrige Auszug wird bis zur Trocknifs abgedampft, die trockne Masse schwach geglüht, und ihr Gewicht bestimmt. Will man die Kohlensäure in ihr bestimmen, so ist es nöthig, erst Kohlensäuregas vor dem

Abdampfen durch die Lösung zu leiten, um die Kohlensäure zu ersetzen, die in den kohlensauren Alkalien durch den Einfluſs der Kohle in Kohlenoxyd verwandelt worden ist.

Beträgt das Gewicht des trocknen Rückstandes einige Gramme, so kann man zur Bestimmung einzelner Bestandtheile verschiedene Mengen desselben benutzen und um eine Controle für die Richtigkeit der Untersuchung zu erhalten, auch in jedem Falle die Kohlensäure bestimmen. Ist aber das Gewicht des trocknen Rückstandes gering, so bestimmt man alle Bestandtheile in einer und derselben Menge desselben.

Der Gang der Untersuchung ist dann folgender: Die in Wasser gelöste Masse wird durch verdünnte Salpetersäure übersättigt, (was, wenn die Kohlensäure quantitativ bestimmt werden soll, in einem dazu geeigneten Apparate geschehen muſs). Scheidet sich bei der Uebersättigung Kieselsäure aus, so wird diese abfiltrirt, und in der filtrirten Lösung durch salpetersaures Silberoxyd das Chlor abgeschieden. Man entfernt darauf das überschüssige Silberoxyd durch Chlorwasserstoffsäure und dampft in einer Porcellanschale die Flüssigkeit bei sehr geringer Hitze bis zur Trockniſs im Wasserbade ab. Der trockne Rückstand wird mit Chlorwasserstoffsäure befeuchtet, Wasser hinzugefügt und die abgeschiedene Kieselsäure abfiltrirt. Ihr Gewicht wird gemeinschaftlich mit der bestimmt, welche etwa bei der Sättigung der trocknen Masse durch Salpetersäure ausgeschieden worden war.

Die von der Kieselsäure abfiltrirte Flüssigkeit wird durch Ammoniak übersättigt. Es wird hierdurch in den meisten Fällen ein nicht sehr bedeutender Niederschlag von phosphorsauren Erden entstehen, die abfiltrirt, und nicht zu lange ausgewaschen werden, da sie sich sonst zum Theil wieder im Wasser lösen. Man glüht diese Fällung, zieht ihr Gewicht von dem des zur Trockniſs abgedampften wässrigen Auszugs ab, und bewahrt sie auf, um sie dem salpetersau-

ren Auszuge des in Wasser unlöslichen Rückstandes hinzuzufügen.

Die Flüssigkeit, welche von dem durch Ammoniak entstandenen Niederschlage abfiltrirt worden ist, wird mit etwas Oxalsäure versetzt, wodurch nur in wenigen Fällen eine geringe Trübung von oxalsaurer Kalkerde entsteht, welche von der im wässrigen Auszuge aufgelösten schwefelsauren Kalkerde herrührte. Nur bei der Analyse der Stroharten findet sich dieselbe im wäfsrigen Auszuge; bei der Untersuchung der Saamen und der animalischen Substanzen entsteht in dem wäfsrigen Auszuge keine Trübung durch Oxalsäure.

Die von der oxalsauren Kalkerde abfiltrirte Auflösung wird mit Chlorbaryum versetzt, wodurch schwefelsaure, phosphorsaure und auch wohl etwas oxalsaure Baryterde gefällt wird. Der Niederschlag wird nach dem Filtriren ausgewaschen. Enthält er oxalsaure Baryterde, so ist ein vollständiges Auswaschen nicht möglich, da dieselbe auflöslich ist. Man behandelt die Fällung darauf mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure, wobei die schwefelsaure Baryterde ungelöst bleibt, die ihrem Gewicht nach bestimmt wird, woraus man das der Schwefelsäure berechnet. In der filtrirten Flüssigkeit entfernt man die Baryterde durch verdünnte Schwefelsäure, übersättigt dann mit Ammoniak und fällt die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia.

Die Flüssigkeit, aus welcher die Schwefelsäure und die Phosphorsäure durch Chlorbaryum geschieden worden sind, wird mit kohlensaurem Ammoniak mit einem kleinen Zusatz von freiem Ammoniak versetzt, um die Baryterde des überschüssigen Chlorbaryums abzuscheiden. Man dampft das Filtrat bis zur Trocknifs ab, und verjagt die ammoniakalischen Salze durch Glühen; der geglühte Rückstand enthält die Alkalien als Chlormetalle. Man bestimmt ihr Gewicht, und trennt Kali und Natron nach bekannten Methoden von einander.

Dieser Gang der Untersuchung des wäfsrigen Auszugs der verkohlten Masse ist im Wesentlichen ganz derselbe, wie ich ihn früher vorgeschlagen habe[1]).

Das mit Wasser ausgezogene Platin wird nun mit verdünnter Salpetersäure behandelt. Es wird einige Male damit erhitzt, abfiltrirt und mit heifsem Wasser, zu welchem einige Tropfen Salpetersäure gesetzt worden sind, ausgewaschen. Die Lösung enthält Verbindungen von Phosphorsäure mit Kalkerde, Magnesia und Eisenoxyd, in dem sehr häufig Spuren von Mangan sich finden, salpetersaures Kali und Natron, (von den alkalihaltigen phosphorsauren Erdsalzen herrührend) und salpetersaure Kalkerde und Magnesia. Letztere finden sich besonders in der Untersuchung der Stroharten, und sind in der Asche als kohlensaure (oder bei stärkerem Glühen zum Theil als reine) Erden enthalten. Die Auflösung enthält nie Schwefelsäure und Chlor.

Sie wird bis zu einem geringen Volumen abgedampft, doch so, dafs noch ein Ueberschufs von Salpetersäure vorhanden bleibt, und dann mit metallischem Quecksilber behandelt, um auf die von mir beschriebene Weise die Phosphorsäure von den Basen zu trennen[2]).

In manchen Fällen kann man auch aus der salpetersauren Lösung die phosphorsauren Erden durch Ammoniak fällen, den Niederschlag in Salpetersäure lösen, und mit metallischem Quecksilber zerlegen. Bei den Analysen der Aschen von Stroh ist diefs sogar bequemer, da in diesen die Menge der phosphorsauren Erden nur gering, und in der Lösung die Basen vorzüglich als salpetersaure enthalten sind.

Wenn man das mit Wasser erschöpfte Platin statt mit Salpetersäure mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, so hat die Anwendung dieser Säure einige Unbequemlichkeiten, da bei der Trennung der Phosphorsäure von den Basen vermittelst metallischen Quecksilbers, Salpetersäure hinzugefügt werden mufs, und dann die Gegenwart der Chlorwasserstoffsäure störend einwirkt, weil eine grofse Menge

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 325.
2) Pogg. Annal. Bd. 76, S. 252.

von Quecksilberchlorür sich bildet, welches das metallische Quecksilber bedeckt, und die Zersetzung sehr erschwert.

Das mit Wasser und Salpetersäure erschöpfte Platin enthält nur noch Kieselsäure. Man erhitzt es in einer Platinschale mit einer Auflösung von Kalihydrat, filtrirt und wäscht mit heifsem Wasser aus. Aus der alkalischen Auflösung wird die Kieselsäure auf die bekannte Weise erhalten.

Das durch Wasser, Salpetersäure und Kalilösung erschöpfte Platin wird bei 120° C. getrocknet, bis es nicht mehr an Gewicht abnimmt. Was es jetzt weniger wiegt als nach der Verbrennung der Kohle ist das Gewicht der Asche, weniger der Quantität von Kohlensäure, die sich, wie schon oben erwähnt wurde, nicht mit Genauigkeit bestimmen läfst.

Hat man die organischen Substanzen, besonders die vegetabilischen zuvor sorgfältig gereinigt so ist auch nach der Untersuchung das Platin rein; sonst enthält es Sand und Thon. Die mechanische Reinigung der organischen Substanzen von diesen Einmengungen ist auch schon deshalb wohl zu berücksichtigen, um das Platin rein zu erhalten, und um nicht gezwungen zu seyn, das Platin aufzulösen, was bei so bedeutenden Mengen etwas unangenehm ist.

Dasselbe Platin ist bisjetzt zwölfmal angewandt worden. Es hat zwar allmälig bedeutend an Volumen abgenommen, doch besitzt es fast noch dieselbe Fähigkeit, die Verbrennung zu beschleunigen wie zuvor. Es kann gewifs noch oft zu demselben Zwecke angewandt werden; endlich aber wird es wohl so dicht werden, dafs es bei der ferneren Anwendung die Verbrennung der Kohle nicht mehr begünstigt. Dann mufs es aufgelöst werden. Aus der Lösung wird es durch Chlorammonium gefällt, und auf die bekannte Weise wieder in Platinschwamm verwandelt.

Die Verbrennung einer verkohlten organischen Substanz mit Hülfe von Platinschwamm dauert, wenn man ungefähr 100 Grm. der Substanz angewandt hat, 2 bis 3 Stunden, während die Verbrennung der Kohle nach jeder andern Methode bei weitem mehr Zeit in Anspruch nimmt, und

mit weit gröfseren Unannehmlichkeiten verknüpft ist. Die von mir jezt vorgeschlagene Methode erfordert zwar eine bedeutende Menge von Platin, da aber von demselben nichts verloren geht, so ist kein pecuniärer Nachtheil dabei.

Man kann zwar bei dem Gange der Untersuchung manche Veränderung anbringen, doch müssen dieselben wohl erwogen werden.

Man könnte z. B. nach der Oxydation der Kohle, wenn man die Kohlensäure nicht bestimmen will, das Platin unmittelbar durch Salpetersäure ausziehen, wodurch die Untersuchung sehr vereinfacht würde. Diefs kann aber nur geschehen, wenn in der Asche keine Chlormetalle enthalten sind, was nur höchst selten der Fall ist. Bei Anwesenheit der Chlormetalle wird durch die Salpetersäure etwas Platin aufgelöst, dessen Entfernung mit grofsen Unannehmlichkeiten verknüpft ist.

Man könnte den wäfsrigen und den salpetersauren Auszug des Platins mit einander vereinigen, wodurch ebenfalls die Untersuchung vereinfacht würde. Aber auch diese Veränderung ist nicht zu empfehlen. In dem vereinigten Auszuge mufs dann zuerst, wenn sich Kieselsäure ausgeschieden hat, diese filtrirt werden, darauf wird durch salpetersaures Silberoxyd das Chlor, und durch Chlorwasserstoffsäure das überschüssige Silberoxyd abgeschieden. Dann mufs man durch Chlorbaryum die Schwefelsäure fällen und durch Schwefelsäure die überschüssige Baryterde entfernen. Wenn man nun die phosphorsauren Erden durch Ammoniak fällt, so enthält die filtrirte Flüssigkeit bei der Analyse der verschiedenen organischen Substanzen verschiedene Bestandtheile. Bei der Untersuchung der Stroharten ist in derselben noch Kalkerde, Magnesia, Kali, Natron, Kieselsäure und aufserdem noch Chlorammonium, salpetersaures und schwefelsaures Ammoniak. Bei der Untersuchung anderer organischer Substanzen findet man in jener Flüssigkeit keine Kalkerde und keine Magnesia, aber aufser jenen Substanzen noch phosphorsaure Alkalien. Man müfste nun bei Gegenwart von Kalkerde dieselbe durch Oxalsäure fäl-

len, dann aber müfste man die Flüssigkeit zur Trocknifs abdampfen und die ammoniakalischen Salze verjagen. Diefs aber darf wegen der Anwesenheit des Chlorammoniums und des salpetersauren Ammoniaks nur in einer Porcellanschale geschehen, (da eine Platinschale stark angegriffen wird und sehr leiden würde) und da auch die Verflüchtigung des schwefelsauren Ammoniaks sehr unangenehm ist, so ist diese Modification der Methode, obgleich sie einfacher ist, nicht zu empfehlen.

Aus diesen Gründen wäre es auch nicht vortheilhaft, eine Asche, welche man ohne Hülfe des Platinschwamms erhalten hat, sogleich mit Salpetersäure und nicht zuvor erst mit Wasser zu behandeln.

Zur Prüfung der Methode hat Hr. Weber mehrere Versuche mit Salzen angestellt, welche mit grofsen Mengen von organischer Substanz gemengt wurden, worauf er das Gemenge verkohlte, mit Platinschwamm verbrannte, und aus der erhaltenen Masse die Salze wiederum zu erhalten suchte.

I. Es wurden angewandt:

0,869	Grm.	Chlornatrium
0,466	-	schwefelsaures Natron
2,060	-	kohlensaures Natron
3,395.		

Die Salze wurden in Wasser gelöst, und mit einer Auflösung von Zucker, die 6 Loth Zucker enthielt, gemengt, das Ganze darauf abgedampft und verkohlt. Die erhaltene Kohle wurde mit Sorgfalt in einem Porcellanmörser fein gerieben, mit Platinschwamm gemengt und nach der oben beschriebenen Methode verbrannt. Der Rückstand wurde mit heifsem Wasser ausgezogen und ausgewaschen. Als der wäfsrige Auszug mit Salpetersäure übersättigt wurde, entstand nur eine sehr geringe Kohlensäureentwicklung, die lange nicht der Menge des angewandten kohlensauren Natrons entsprach. Die Kohlensäure war also bei der Verkohlung und bei der Einäscherung zum gröfsten Theil durch die Wirkung der Kohle als Kohlenoxydgas ausgetrieben

worden, da in den angewandten Salzen keines war, das die Verflüchtigung der Kohlensäure hätte veranlassen können.

In der Flüssigkeit wurde das Chlor durch salpetersaures Silberoxyd, die Schwefelsäure nach Entfernung des Silberoxyds durch Chlorbaryum bestimmt, und nach Entfernung der Baryterde das Natron als schwefelsaures Natron erhalten.

Es wurden erhalten

2,079 Grm.	Chlorsilber	=15,11	Proc.	Chlor
0,825 -	schwefels. Baryterde	= 8,34	-	Schwefels.
4,268 -	schwefels. Natron	=55,02	-	Natron

Im angewandten Salzgemenge sind enthalten

Chlor	15,46	Proc.
Schwefelsäure	7,71	-
Natron	55,17	-

Dieser Versuch zeigt, dafs die unorganischen Bestandtheile in einer verkohlten Masse durch Oxydation vermittelst des Platinschwamms mit Genauigkeit wiedergefunden werden können. Ich lasse es unausgemacht, was die Ursache der gröfseren Menge der erhaltenen Schwefelsäure war.

II. Nicht nur um das Verhalten der phosphorsauren Salze, sondern, besonders um die Einwirkung derselben auf alkalische Chlormetalle kennen zu lernen, wurden zu dem zweiten Versuche ein Salzgemenge von

1,875 Grm. phosphorsauren Natron ($\dot{N}a^2\dddot{P}$)
1,222 - Chlornatrium
3,097.

angewandt. Es wurde nach der Lösung wie das frühere Salzgemenge mit einer Auflösung von 6 Loth Zucker gemengt, und mit dem Ganzen wie zuvor verfahren. Der verbrannte Rückstand wurde mit Wasser ausgezogen, darauf nach Ansäurung der Lösung mit Salpetersäure das Chlor durch Silberoxydlösung gefällt, nach Abscheidung des Silberoxyds wurde die filtrirte Flüssigkeit zu einem kleinen Volumen abgedampft, und mit Salpetersäure und metallischem Quecksilber im Wasserbade zur Trocknifs abgedampft. Nach

Behandlung der trocknen Masse mit Wasser wurden in dem Ungelösten nach schon beschriebenen Methoden die Phosphorsäure an Natron gebunden, und als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. In dem Aufgelösten wurde das gelöste Quecksilber durch Ammoniak niedergeschlagen, die filtrirte Flüssigkeit zur Trocknifs abgedampft, und die trockene Masse, um das Natron in derselben als Chlornatrium zu erhalten, mit Chlorammonium gemengt und geglüht. Wenn man eine bedeutende Menge von diesem Salze anwendet, so kann das Glühen in einem Platintiegel geschehen, ohne dafs derselbe leidet, was der Fall ist, wenn salpetersaures Ammoniak gegen Chlorammonium vorwaltend ist.

Es wurden erhalten:

2,577 Grm.	Chlorsilber	=20,15	Proc.	Chlor
1,568 -	$\dot{M}g^2 \dddot{P}$	=32,06	-	Phosphorsäure
2,854 -	Chlornatrium	=49,15	-	Natron

Im angewandten Salzgemenge sind enthalten:

23,79	Proc.	Chlor
32,25	-	Phosphorsäure
49,27	-	Natron.

Man sieht hieraus, dafs die Mengen der Phosphorsäure und des Natrons sehr genau wiedererhalten wurden, nicht aber die des Chlors, von dem ein Theil durch das phosphorsaure Natron ausgetrieben wurde.

III. Es wurde ein dritter Versuch angestellt, um zu sehen, ob die Einwirkung der phosphorsauren Salze auf alkalische Chlormetalle nicht durch Einmengung von kohlensauren Alkalien aufgehoben werden kann. Es wurde daher folgendes Salzgemenge angewandt:

1,086	Grm.	Chlornatrium
1,410	-	phosphorsaures Natron ($\dot{N}a^2 \dddot{P}$)
1,418	-	kohlensaures Natron.
3,914.		

Die Lösung des Salzgemenges wurde wiederum mit der Lösung von 6 Loth Zucker abgedampft, das Ganze verkohlt und wie zuvor mit Platinschwamm verbrannt. Bei der An-

säurung des wäfsrigen Auszugs mit Salpetersäure wurde nur eine sehr schwache Entwicklung von Kohlensäure bemerkt.

Es wurden erhalten:

2,553 Grm.	Chlorsilber	=16,09	Proc.	Chlor
1,253 -	$\dot{M}g^2 \dddot{P}$	=20,08	-	Phosphorsäure
3,996 -	Chlornatrium	=54,24	-	Natron

In dem angewandten Salzgemenge sind enthalten:

16,73	Proc.	Chlor
19,21	-	Phosphorsäure
52,81	-	Natron.

Durch einen unbekannten Umstand ist bei diesem Versuche eine gröfsere Menge von Phosphorsäure und von Natron erhalten worden, aber die Menge des Chlors stimmt ziemlich gut mit der im angewandten Chlornatrium, so dafs man annehmen kann, dafs bei einer hinreichenden Menge von kohlensauren Alkalien bei der Verkohlung und bei der Einäscherung kein Chlor aus den alkalischen Chlormetallen durch phosphorsaure Alkalien ausgetrieben wird.

Bei der Einäscherung von organischen Substanzen wird man daher durch die Analyse die richtige Menge des Chlors erhalten, wenn zugleich dabei eine gehörige Menge von kohlensauren Alkalien sich bildet. Die Bestimmung wird aber ungenau, wenn neben den alkalischen Chlormetallen pyrophosphorsaure Alkalien in gröfserer Menge zugegen sind, und das Chlor kann gänzlich bei der Verkohlung ausgeschieden werden, wenn die organische Substanz metaphosphorsaure Salze enthält, wie diefs namentlich bei einer von Hrn. Weber angestellten Untersuchung des Eigelbs der Fall gewesen ist [1]). In diesen Fällen wäre es rathsam, die organische Materie vor der Verkohlung mit der Lösung einer gewogenen Menge von kohlensaurem Natron zu behandeln, damit einzutrocknen, und von dem durch die Analyse gefundenen Natrongehalt den des angewandten Salzes abzuziehen. Das Eintrocknen und das Ver-

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 408.

kohlen der organischen Substanz darf dann nur in einem Platintiegel stattfinden.

Nachdem diese Abhandlung schon ausgearbeitet worden war, erschien eine ähnlichen Inhalts von Hrn. Strecker[1]). Bei der Bestimmung der unorganischen Bestandtheile in den organischen Substanzen verwirft er die früher von mir vorgeschlagene Methode der Verkohlung und empfiehlt die Einäscherung in einer Muffel, aber bei einer bei Tage nicht sichtbaren Rothglühhitze. Die Resultate der Versuche, die er angestellt hat, um sich zu überzeugen, dafs bei dieser Temperatur kein Chlornatrium sich verflüchtigt, und die Methode genau sey, sind sehr günstig ausgefallen. Um dem Verlust an Chlor bei Gegenwart von phosphorsauren Salzen zuvor zukommen, mengte er die organische Substanz mit Baryterdehydrat. Er macht darauf aufmerksam, dafs durch die Anwendung derselben auch die ganze Menge des Schwefels und des Phosphors, wenn diese als solche in der organischen Substanz enthalten waren, als Schwefelsäure und Phosphorsäure in der Asche gefunden werden.

Der gröfste Vortheil der Methode der vollkommnen Einäscherung liegt unstreitig darin, dafs man die ganze Menge der Asche unmittelbar ihrem Gewichte nach bestimmen kann. Hat man ferner eine bedeutende Menge davon erhalten, so hat man nicht nöthig dieselbe Quantität der Asche zur Bestimmung aller Bestandtheile anzuwenden, sondern kann verschiedene Mengen dazu verwenden, um nur einzelne Bestandtheile ihrer Menge nach aufzufinden, wodurch die Analyse oft vereinfacht wird, und bisweilen mit gröfserer Genauigkeit ausgeführt werden kann. Ist ferner ein Fehler bei der Untersuchung vorgefallen, so hat man nicht nöthig, die Einäscherung noch einmal vorzunehmen, wenn man sich einen Vorrath von Asche verschafft hat.

Andererseits hat aber auch die Anwendung des Platinschwamms

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 73, S. 339.

schwamms sehr bedeutende Vortheile. Die Einäscherung mit demselben ist in sehr kurzer Zeit vollendet, während die Einäscherung ohne denselben in der Muffel sehr lange Zeit erfordert. Dasselbe findet auch statt, wenn man die verkohlte organische Substanz in einer Glasröhre einäschert, während man einen sehr langsamen Strom von Sauerstoffgas darüber leitet, und die etwa entweichenden flüchtigen Bestandtheile in Wasser leitet. Die Temperatur ist bei der Verbrennung mit Platinschwamm auf einem Platindeckel so gering, dafs sie kaum die dunkelste Rothgluth erreicht. Dafs dabei, ungeachtet einer aufserordentlich bedeutenden Menge von Kohle kein Chlornatrium sich verflüchtigt, haben Versuche dargethan.

Die Versuche, welche Hr. Strecker angestellt hat, um zu beweisen, dafs bei der Einäscherung in der Muffel kein Chlornatrium sich verflüchtigt, sind nicht ganz überzeugend, da bei diesen das Chlornatrium mit einer zu geringen Menge von Zucker gemengt worden war. Es wurden auf 5,2 und 2,67 Grm. Chlornatrium nur 8 und 10 Grm. Zucker angewandt. Diese geringen Mengen geben aber bei der Verkohlung nur sehr geringe Quantitäten von Kohle, so dafs das Chlornatrium die gemengte Kohle bei weitem an Gewicht übertraf. 10 Grm. Zucker beim Ausschlufs der Luft verkohlt, hinterliefsen bei einem Versuche nur 1,23 Grm. Kohle. Hr. Weber wandte bei seinen Versuchen ungefähr die dreifsigfache Menge von Zucker an gegen geringe Mengen von unorganischen Salzen. Er suchte diese mit ungefähr so vieler kohlehaltiger Materie zu mengen, dafs ein ähnliches Verhältnifs dadurch erhalten wurde, wie nach der Verkohlung in vielen organischen Substanzen zwischen den unorganischen und organischen Bestandtheilen stattfindet. Es frägt sich nun, ob wirklich kein Chlornatrium sich in der Muffel verflüchtigt, wenn dasselbe mit sehr vieler organischer Materie gemengt eine lange Zeit hindurch der Rothgluth, wenn auch nur der dunkelsten, ausgesetzt wird.

Die Anwendung von Baryterdehydrat hat gewifs viele Vortheile. Aber die Wegschaffung der schwefelsauren Ba-

ryterde bei Gegenwart von Kalkerdesalzen ist mit so bedeutenden Unannehmlichkeiten verknüpft, dafs vielleicht die Anwendung einer gewogenen Menge von kohlensaurem Natron vorzuziehen ist.

Die gänzliche Einäschernng sowohl in der Muffel als besonders in einer weiten Glasröhre durch einen sehr langsamen Strom von Sauerstoffgas ist noch mit einer andern Unannehmlichkeit begleitet. Ein Theil der Asche sintert manchmal an dem Thone oder dem Glase, besonders wenn leicht schmelzbare Salze darin enthalten sind, fest an, und läfst sich auch bei Anwendung von Auflösungsmitteln nicht gut von der Unterlage trennen. Diefs ist bei Anwendung von Platinschwamm nie der Fall, und auch zu vermeiden, wenn bei der Einäscherung in der Muffel die organische Substanz in eine Platinschale gelegt wird.

V. *Ueber das Vorkommen der Bernsteinsäure im menschlichen Körper von W. Heintz.*

Schon im vorigen Jahre habe ich in den Jenaischen Annalen für Physiologie und Medicin (Bd. I. S. 180) eine Arbeit unter dem Titel: Untersuchung des flüssigen Inhalts der Echinococcenbälge (Hydatidenbälge) einer Frau, bekannt gemacht, in welcher ich zeigte, dafs die klare oder kaum getrübte Flüssigkeit, welche den Inhalt dieser häutigen Bälge ausmacht, die sich am häufigsten in der Leber, aber auch in allen anderen Theilen des Körpers, namentlich in der Bauchhöhle und selbst in den Muskeln nicht blofs beim Menschen, sondern auch bei Thieren vorfinden, und welche sich dadurch auszeichnet, dafs sich aus ihr gewöhnlich schnell ein Bodensatz absetzt, welcher aus den bekannten Echinococcen besteht, bernsteinsaures Natron enthält. Ich glaube schon damals genügend die Identität der von mir daraus

dargestellten Säure mit der Bernsteinsäure nachgewiesen zu haben, obgleich die Menge derselben, welche ich gewonnen hatte, nicht hinreichte, um eine Elementaranalyse anzustellen. Jetzt ist es mir durch die Güte des Hrn. Prof. Dr. Langenbeck, welcher mir vor Kurzem $\frac{3}{4}$ Quart einer solchen Flüssigkeit zugesendet hat, möglich geworden, auch diese auszuführen. Ich kann mich aber nicht damit begnügen, das Resultat der Analyse einfach anzuführen, sondern ich werde einen kurzen Auszug meines früheren Aufsatzes vorausschicken, weil ich annehmen darf, dafs den Chemikern die Jenaischen Annalen, worin er abgedruckt ist, nicht leicht zur Hand sind, und die blofse Analyse vielleicht nicht als genügend zu dem Beweise erachtet werden möchte, dafs diese Säure wirklich Bernsteinsäure sey.

Die Echinococcenflüssigkeit, welche ich im vorigen Jahre untersuchte, war den Echinococcenbälgen entnommen, welche sich in der Leber einer Frau in grofser Menge und von ansehnlicher Gröfse gebildet hatten. Sie war farblos, ziemlich klar, beim Umschütteln nur von schnell sich zu Boden senkenden Flocken, die aus Echinococcen und kleineren Echinococcenbälgen bestanden, getrübt, reagirte schwach alkalisch, besafs ein spec. Gewicht von 1,0076 und enthielt nur Spuren von Eiweifs, denn in der Kochhitze, wie beim Zusatz von Salpetersäure wurde sie nur unbedeutend getrübt. Die alkalische Reaction derselben rührte nicht von kohlensaurem Ammoniak, sondern von kohlensaurem Natron her, denn ein ihr genäherter mit Salzsäure befeuchteter Glasstab erzeugte keine Nebel von Salmiak. Aufserdem fand ich darin weder Schwefelsäure noch wägbare Mengen von Phosphorsäure, dagegen Chlor in grofser Menge, etwas Kalk, Kali und Talkerde und viel Natron.

Zur Ausmittelung der Natur der organischen Bestandtheile dieser Flüssigkeit dampfte ich eine bedeutende Quantität derselben anfangs über freiem Feuer, zuletzt im Wasserbade ein. Hierbei trübte sich die Flüssigkeit und bildete auf der Oberfläche eine Haut, die sich allmälig wie-

der erzeugte, wenn sie entfernt wurde. Aus der abgedampften Masse krystallisirte viel Kochsalz heraus. Sie wurde mit Alkohol vermischt, wodurch ein sehr viel Kochsalz enthaltender Syrup gefällt wurde, aus dem wohl charakterisirte organische Substanzen darzustellen mir nicht gelungen ist. In dem alkoholischen Auszuge konnte durch eine alkoholische Chlorzinklösung kein Kreatin gefällt werden, und auch nachdem ein Theil der Hydatidenflüssigkeit selbst mit etwas Salzsäure zur Trockne gebracht worden war, brachte Chlorzinklösung in dem alkoholischen Auszuge dieses Rückstandes keinen Niederschlag hervor. Es war also auch kein Kreatin vorhanden. Ebenso wenig konnte ich Harnstoff oder Harnsäure darin entdecken.

Aus dem nach dem Verdunsten der alkoholischen Lösung bleibenden Extracte schieden sich neben wenigen Kochsalzkrystallen nach langer Zeit büschelförmig gruppirte lange Nadeln ab, die durch Abpressen und theils durch Umkrystallisiren, theils durch Auflösen in wenig Wasser und Fällen mittelst starkem Alkohol, worin sie sich nur schwer lösten, gereinigt wurden. Die Auflösung der möglichst gereinigten Krystalle in wenig Wasser setzte beim Zusatz von Salzsäure kleine Krystalle einer schwer löslichen Säure ab, welche durch Eindunsten der Flüssigkeit und Ausziehen mit Aether von einem darin unlöslichen Salze geschieden werden konnte, welches aus reinem Chlornatrium bestand.

Durch Verdunsten der ätherischen Lösung wurde eine stark sauer reagirende, in der Wärme unter Bräunung schmelzende, bei stärkerer Hitze ein weifses krystallinisches Sublimat liefernde krystallinische Masse erhalten, welche ich nach diesen Erscheinungen anfangs für Hippursäure oder noch etwas verunreinigte Benzoësäure hielt. Bei genauerer Untersuchung beobachtete ich jedoch so entscheidende Unterschiede zwischen diesen Säuren und der aus der Hydatidenflüssigkeit gewonnenen, dafs ich von dieser Ansicht zurückkommen mufste.

Ich fand nämlich 1) dafs diese Säure bei der Sublima-

tion stets vollkommen scharf ausgebildete Krystalle lieferte, während die Benzoësäure, mag sie als solche selbst mit der gröfsten Vorsicht sublimirt werden, oder bei der Zersetzung der Hippursäure durch Hitze entstehen, stets abgerundete Blättchen bildet, an denen keine scharfen Kanten oder Ecken beobachtet werden können;

2) dafs sie bei 150° C. bis 160° C. anfängt langsam zu sublimiren, aber erst bei 180° bis 190° C. schmilzt und nun etwas schneller sublimirt, während die Benzoësäure schon bei 120° C. schmilzt, und die Hippursäure selbst bei 180° bis 190° C. nur eine anfangende Schmelzung erleidet, und noch kaum eine Spur eines Sublimats liefert;

3) dafs das Natronsalz derselben durch Alkohol gefällt wird, während das hippursaure Natron durch Alkohol nach Schwarz [1]) nicht fällbar ist, welche Angabe ich zu bestätigen Gelegenheit hatte;

4) dafs sie keinen Stickstoff enthält, dessen Abwesenheit ich sowohl nach der Lassaingne'schen Methode mittelst Natrium, als auch nach der älteren Methode durch Glühen mit Kalikalk nachgewiesen habe.

Dafs die Säure nicht Oxalsäure war, ging schon daraus hervor, dafs in einer alkalischen Flüssigkeit nicht zugleich Oxalsäure und Kalkerde gelöst enthalten seyn können, wie diefs in der Hydatidenflüssigkeit der Fall war.

Es blieb daher nur noch übrig, sie mit der Bernsteinsäure zu vergleichen; entweder mufste sie diese Säure, oder eine neue noch nicht bekannte Säure seyn. Die Untersuchung hat ergeben, dafs sie in allen Stücken mit der Bernsteinsäure übereinkommt.

Beide Säuren sind in Aether, wenn auch nicht sehr leicht, löslich, lösen sich auch schwer im Wasser, reagiren stark sauer, enthalten keinen Stickstoff, bilden ein in Wasser lösliches Kalksalz, sublimiren schon bei 150° — 160° C. sehr langsam, fangen bei 175° C. an zu schmelzen, sind aber erst etwa bei 185° C. vollständig geschmolzen, und

1) Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 54, S. 36.

blimiren nun schneller in vollständig ausgebildeten Krystallen. Zwar scheint es, als wenn ein Umstand gegen die Identität beider Säuren spricht, nämlich der, daſs das Natronsalz der aus der Hydatiden-Flüssigkeit erhaltenen durch Alkohol gefällt wird, während nach Doepping[1]) das bernsteinsaure Natron in wäſsrigem Weingeist leicht löslich ist. Allein ein directer Versuch überzeugte mich, daſs auch das bernsteinsaure Natron durch starken Alkohol aus seiner concentrirten wäſsrigen Lösung gefällt wird, und zwar ganz in derselben Form, wie das entsprechende Salz jener Säure.

Aber alle oben angegebenen Eigenschaften genügen nicht, um die Identität der in der Echinococcenflüssigkeit gefundenen Säure und der Bernsteinsäure zu beweisen. Da ich wegen Mangels an Material keine Elementaranalyse anstellen konnte, so kam ich auf den Gedanken, die Krystalle derselben mittelst des Mikroskops zu untersuchen, welche beim Erhitzen bis 180° C. sublimirten. Es fand sich, daſs die Säure aus der Hydatiden-Flüssigkeit schiefe rhombische Prismen bildete. Ob diese aber dem ein- und eingliedrigen oder zwei- und eingliedrigen Systeme angehören, konnte ich nicht entscheiden, obgleich es mir in einem Falle, wo es mir gelang, den Krystall auf die nur äuſserst kleine Abstumpfungsfläche einer der Kanten zu wälzen, auf welche die schiefen Endflächen aufgesetzt waren, schien, als wenn der von diesen Kanten und der durch die beiden schiefen Endflächen gebildeten Kante erzeugte Winkel ein schiefer sey, wonach dann die Krystalle dem ein- und eingliedrigen Systeme angehören muſsten. Dagegen lieſsen sich die Winkel, welche die schiefen Endflächen und die Flächen des rhombischen Prismas auf der Längsfläche des Krystalls bilden, sehr genau mittelst des Mikrogoniometers messen. Sie betrugen im Mittel von drei nur um wenige Minuten differirenden Messungen 110° 10′ und 136° 45′.

Die Krystalle, welche ich auf gleiche Weise aus Bernsteinsäure erhielt, die aus Bernstein dargestellt worden war, verhielten sich durchaus ebenso, wie jene. Die entspre-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 47, S. 261. *

chenden Winkel an denselben wurden im Mittel von sechs an verschiedenen Krystallen ausgeführten, unter einander nur um wenige Minuten abweichenden Messungen gleich 110° 20′ und 136° 40′ gefunden.

Dieses Resultat meiner Versuche war es namentlich, welches die Ueberzeugung in mir befestigte, dafs die aus der Hydatidenflüssigkeit erhaltene Säure mit der Bernsteinsäure wirklich identisch sey. Dennoch war es wünschenswerth diesen Schlufs aus meinen Versuchen noch durch die Elementaranalyse zu bestätigen.

Ehe ich aber zu derselben übergehe, will ich die Resultate der quantitativen Untersuchung der Hydatidenflüssigkeit, in welcher ich die Bernsteinsäure zuerst aufgefunden hatte, so weit sie sich nach den bei der qualitativen Untersuchung gefundenen Daten ausführen liefs, wiedergeben. Sie bestand aus

Wasser	986,76
Feste Bestandtheile	13,24
	1000.

Chlorcalcium	0,46
Chlormagnesium	0,20
Chlorkalium	0,24
Chlornatrium	3,85
Bernsteinsaures Natron	3,41
Extractive Stoffe	5,08
Albumin	Spuren
	13,24.

Ich mufs jedoch bemerken, dafs die Menge des bernsteinstauren Natrons, da man noch keine genaue quantitative Bestimmungsmethode der Bernsteinsäure kennt, nur aus der gefundenen Menge des kohlensauren Natrons berechnet ist, dafs also die angegebene Quantität desselben, abgesehen von der geringen Menge schon in der Hydatiden-Flüssigkeit präexistirenden kohlensauren Natrons, nur dann der Wahrheit nahe kommt, wenn wirklich keine andere organische Säure als Bernsteinsäure darin enthalten war.

Schon in meinem früheren Aufsatze erwähnte ich, dafs

man, nachdem man weiſs, daſs die in der Hydatiden-Flüssigkeit enthaltene, an Natron gebundene Säure Bernsteinsäure ist, sie am vortheilhaftesten gewinnen kann, wenn man die bis zur starken Syrupsconsistenz eingedampfte Flüssigkeit mit Salzsäure versetzt und mit Aether wiederholentlich schüttelt. Beim Verdunsten der ätherischen Lösungen erhält man die Säure, die aber noch gereinigt werden muſs.

Dieser Methode habe ich mich später bedient, um aus einer anderen Portion Echinococcenflüssigkeit die Bernsteinsäure darzustellen und habe sie darin auch wirklich gefunden, jedoch, da die Menge der Flüssigkeit, die mir zu Gebote stand nur gering war, nur in geringer Menge.

Endlich ist es mir mittelst derselben Methode der Darsellung gelungen, sie aus der mir neuerdings von Hrn. Prof. Dr. Langenbeck zugesendeten Hydatiden-Flüssigkeit hinreichend rein und in zur Elementaranalyse einigermaſsen genügender Menge zu gewinnen, und sie scheint daher nach diesen Versuchen ein constanter, nie fehlender Bestandtheil dieser Flüssigkeiten zu seyn.

Zur Reinigung der beim Verdunsten der ätherischen Lösung zurückbleibenden Säure löste ich sie zunächst in Wasser, filtrirte von dem Ungelösten ab, dampfte die Lösung ein, wusch den Rückstand mit kaltem Alkohol, worin die Bernsteinsäure bekanntlich sehr wenig löslich ist, und krystallisirte sie endlich mehrmals aus der alkoholischen Lösung um. So erhielt ich etwas mehr als 0,130 Grm. ziemlich reiner, nur an einzelnen Stellen noch etwas gelblich oder bräunlich gefärbter Bernsteinsäure, welche noch ferner umzukrystallisiren, ich nicht wagte, da ich fürchten muſste, eine nicht zur Analyse genügende Menge übrig zu behalten. Diese hat folgende Zahlen ergeben:

0,1298 Grm. lieferten 0,1967 Grm. Kohlensäure und 0,062 Grm. Wasser. Dieſs entspricht 0,0536 Grm. Kohlenstoff und 0,0069 Grm. Wasserstoff, oder 41,29 Proc. Kohlenstoff und 5,32 Proc. Wasserstoff.

	Gefunden:	Berechnet:	
Kohlenstoff	41,29	40,68	4 C
Wasserstoff	5,32	5,08	3 H
Sauerstoff	53,39	54,24	4 O
	100.	100.	

Allerdings hat die Analyse $\frac{6}{10}$ Proc. Kohlenstoff mehr ergeben, als die Formel verlangt. Da sie indessen mit einer so geringen Menge Substanz hat ausgeführt werden müssen, und dieselbe augenscheinlich noch nicht ganz rein war, so läfst sich diese geringe Abweichung von der nach der Rechnung in der Bernsteinsäure enthaltenen Menge Kohlenstoff eben dadurch leicht erklären, und ich halte daher das Vorkommen der Bernsteinsäure in der Hydatiden-Flüssigkeit durch diese Analyse für vollkommen erwiesen.

VI. *Ueber die Pseudomorphosen des Glimmers nach Feldspath, und die regelmäfsige Verwachsung des Feldspaths mit Albit; von Gustav Rose.*

Pseudomorphosen des Glimmers nach Feldspath sind nicht neu, sie wurden schon von Haidinger[1]) und Blum[2]) beschrieben. Ersterer beobachtete sie in dem Porphyr von St. Agnes in Cornwall, Letzterer in dem von St. Just, sowie in dem Granit von Warmsteinach im Fichtelgebirge. Die veränderten Feldspathkrystalle waren in beiden Fällen eingewachsene Krystalle, die von St. Agnes und Warmsteinach waren in kleinkörnigen grünlichgrauen Lepidolithähnlichen Glimmer verändert, die von St. Just in ein höchst feinkörniges Gemenge von weifsem Glimmer und Quarz

1) Abhandl. der k. böhmischen Gesellsch. der Wissensch. von 1841.

2) Pseudomorphosen S. 275 und Nachtrag zu den Pseudomorphosen S. 26.

mit eingesprengten Zinnerz-Körnchen. Der Feldspath von Warmsteinach war aber mehr oder weniger zersetzt, er hatte im Allgemeinen nicht die gewöhnliche Frische, und war licht-fleischroth, wenig glänzend, bröcklig, und fast überall mit grünlichweifsen Glimmerschüppchen gemengt, die aber an vielen Stellen so gehäuft waren, dafs der frühere Feldspath an solchen ganz verschwunden und nur die Form von ihm geblieben war.

Neuerdings haben sich dergleichen Pseudomorphosen nun auch bei aufgewachsenen Krystallen in den Drusenräumen des Granits von Hirschberg in Schlesien gefunden[1]). Sie wurden daselbst von Hrn. Brücke beobachtet, in grofser Vollständigkeit gesammelt, und von dem Besitzer mir freundlichst zur Untersuchung mitgetheilt. Die Feldspathkrystalle sind auch hier mehr oder weniger vollständig in einen lichte grünlich-weifsen, fein- und kleinschuppigen Lepidolith-ähnlichen Glimmer verwandelt. Sie sind der Form nach theils einfache, theils Zwillingskrystalle nach Art der Bavenoer, wie sie in den Drusenräumen des Granits gewöhnlich vorkommen. Die Oberfläche ist bei allen rauh und zerfressen, und mit Glimmerblättchen mehr oder weniger dick bedeckt, und von diesen zieht sich die Glimmermasse in das Innere hinein, bei manchen nur mehrere Linien tief, bei anderen tiefer und dann gewöhnlich kleinen Rissen und Sprüngen folgend, und noch andere sind ganz und gar mit Glimmer erfüllt, der nun in der Mitte feinschuppiger als an den Rändern erscheint. Wo der Glimmer nur an den Rändern zu sehen ist, hat der angränzende Feldspath Farbe und Glanz und etwas von seiner Härte verloren, er ist weifs und matt geworden, und läfst sich mit dem Messer ritzen, während er weiter entfernt seine ursprüngliche fleischrothe Farbe und Härte hat; wo der Glimmer das Innere erfüllt, ist auch mit der Lupe keine Spur von Feldspath zu entdecken.

1) Der eigentliche Fundort ist der Feldspathbruch am grünen Busch zwischen Hirschberg und Lomnitz.

Diese letzteren Krystalle widerlegen also auf das Bestimmteste alle andern Meinungen, die man sich sonst über die Bildung derselben machen könnte; denn wenn man beim Anblick der ersteren auch noch die Meinung haben könnte, als wären Glimmer und Feldspath gleichzeitige Bildungen, bei welchen nur der Glimmer ganz an die Aufsenseite gedrängt wäre, so kann man diefs nicht annehmen bei Krystallen, die keine Spur mehr von Feldspath enthalten. Doch auch selbst die Krystalle, bei welchen sich der Glimmer nur an der Oberfläche findet, kann man nicht für gleichzeitige Bildungen halten, da in diesem Falle die veränderte Beschaffenheit des Feldspaths in der Nähe des Glimmers nicht zu erklären wäre. Bei den Gemengen des Adulars mit feinschuppigen Chlorit vom Gotthardt, die offenbar gleichzeitige Bildungen sind, haben beide Substanzen ein ganz frisches Ansehen, und der Adular behält auch in der unmittelbaren Nähe des Chlorits seine Durchsichtigkeit und seinen Glanz.

Wenn demnach die beschriebenen Krystalle wohl unzweifelhaft für Pseudomorphosen zu halten sind, so möchte auch hier wohl die Bildung des Glimmers nicht anders als wie Bischof gezeigt hat, durch Zersetzung auf nassem Wege erfolgt seyn. Indessen ist bei den Pseudomorphosen von Hirschberg noch eine andere Erscheinung bemerkenswerth. Die Feldspathkrystalle, welche in den Drusenräumen des Granits vom Riesengebirge vorkommen, sind gewöhnlich mit kleinen, durchsichtigen, fast wasserhellen Krystallen von Albit besetzt, die mit ihnen auf die bekannte Weise verwachsen sind. Sie sitzen vorzugsweise auf gewissen Flächen, während andere davon ganz oder doch meistentheils befreit sind. Zu den ersteren gehören die Flächen des verticalen rhombischen Prisma *T* und *l*, zu den letzteren besonders die schiefen Endflächen. Bei den mehr oder weniger in Glimmer verwandelten Feldspathkrystallen von Lomnitz finden sich aber diese Albitkrystalle ebenfalls; sie sitzen auf der ganz rauhen und zerfressenen Oberfläche in

derselben Weise wie bei den frischen Krystallen, und sind ziemlich ebenso klar und durchsichtig wie bei diesen. Es fragt sich nun, sind diese Albitkrystalle ursprüngliche Bildungen, die mit dem Feldspathe gleichzeitiger Entstehung sind, oder sind sie ebenfalls wie der Glimmer Zersetzungsproducte. Die erste Annahme möchte auf den ersten Augenblick die natürlichste erscheinen; es giebt so viele regelmäfsige Verwachsungen von verschiedenen Mineralien die man für gleichzeitige Bildungen halten mufs, wie von Staurolith und Cyanit, von Eisenglanz und Rutil u. s. w., und von diesen scheinen die Verwachsungen von Albit und Feldspath nicht verschieden; ferner finden sich die in Granit, Porphyr und Gneifs eingewachsenen Feldspathkrystalle auf gleiche Weise nicht sowohl von Albit als von Oligoklas bedeckt, nur dafs der letztere hier eine zusammenhängende Hülle bildet, und diefs findet sich in dem ganz frischen Gestein, so dafs man die Hülle nicht als Zersetzungsproduct ansehen kann; es könnte daher wohl wahrscheinlich seyn, dafs auch der Albit auf den aufgewachsenen Krystallen des Feldspaths eine ursprüngliche Bildung, und bei den zersetzten Krystallen derselbe nur frisch geblieben und von der Zersetzung nicht angegriffen sey. Untersucht man indessen die Sache näher, so erheben sich doch allerhand Zweifel dagegen. Die Feldspathkrystalle des Hirschberger Thales sind häufig stellenweise mit ganz unregelmäfsigen Flächen begränzt, die wie die Flächen von Sprüngen und Rissen aussehen, welche die Krystalle durchsetzt haben. Auch auf diesen Flächen ist der Feldspath mit den kleinen Albitkrystallen besetzt, die ungeachtet der unebenen Flächen doch in regelmäfsiger Stellung zu dem Feldspath sich befinden. Offenbar müssen die Krystalle erst gebildet, und dann geborsten seyn, ehe sich die Albitkrystalle absetzen konnten. Ferner sind die Feldspathkrystalle sehr häufig ganz oder stellenweise mit einem dünnen Ueberzuge von erdigem rothen Eisenoxyde bedeckt, der oft dicker wird, und in diesem Fall gewöhnlich als feinschuppiger me-

tallisch glänzender Eisenglanz erscheint[1]). Bischof[2]) erwähnt auch dieses Ueberzuges der Schlesischen Feldspathkrystalle, und hält ihn für ein Product der Zersetzung des Feldspaths, deren ersten Grad er bezeichnet; indem er in nichts anderem, als in einer höheren Oxydation des in dem Feldspath enthaltenen Eisens bestehe und die Art der Verbreitung des Eisenoxydes auf der Oberfläche der Feldspathkrystalle möchte diese Art der Entstehung wohl wahrscheinlich machen[3]).

Auf diesem Ueberzuge von Eisenoxyd kommen nun aber die Albitkrystalle nicht selten aufgewachsen vor. Wenn derselbe einen Feldspathkrystall ungleichmäfsig bedeckt, so sind die Albitkrystalle allerdings weit gröfser und häufiger, wo der Ueberzug nicht ist, aber sie finden sich bestimmt auch da, wo er ist, und in derselben Lage, so dafs der Ueberzug die Anziehung des Feldspaths zu dem sich bildenden Albit nicht aufgehoben hat. Namentlich sieht man die Albitkrystalle auf dem Eisenoxyde da, wo der Feldspath mit jenen unregelmäfsigen Kluftflächen begränzt ist, und hier ist oft der bedeutende Albit noch mit dem Eisenoxyd

1) Dieser Ueberzug kommt mehr oder weniger auf allen Feldspathkrystallen des Hirschberger Thales vor, findet sich aber ganz besonders häufig bei dem Feldspath in dem unter den Namen des Krötenloches bekannten Steinbruche bei Schwarzbach, eine Stunde südlich von Hirschberg, der sonst noch durch die Gröfse und Vollkommenheit der hier vorkommenden Feldspathkrystalle ausgezeichnet ist. Die Masse des bedeckenden und in die Risse und Spalten des Feldspaths eindringenden Eisenoxyds ist hier so grofs, dafs dieser Feldspath für die Benutzung zum Porcellan für unbrauchbar gehalten, und der Bruch daher, ungeachtet der Menge von Feldspath, die er noch immer enthält, verlassen wurde.

2) Lehrbuch der chem. und physik. Geologie Th. 2, S. 295.

3) Die Krystalle enthalten aufserdem durch die ganze Masse Eisenoxyd eingemengt. Legt man frische Bruchstücke von dem Feldspath von Schwarzbach, die von der mit Eisenoxyd bedeckten Oberfläche durchaus nichts enthalten, in Chlorwasserstoffsäure, so wird dieselbe sehr bald gelb, und in sehr kurzer Zeit, zumal wenn man das Ganze an einen warmen Ort gestellt hat, Eisenoxyd in nicht unbeträchtlicher Menge ausgezogen. Die sehr lichte röthlichbraune Farbe des Feldspaths wird dadurch in eine schneeweifse verwandelt.

gemengt und dadurch roth gefärbt; legt man dergleichen Stücke in Salzsäure, so wird das Eisenoxyd unter dem Albit fortgenommen [1]). Da aber das Eisenoxyd sich zwischen dem Feldspath und Albit befindet, so beweist dieser Umstand, dafs beide letztere Substanzen keine Bildungen sind, die unmittelbar auf einander stattgefunden haben, und es folgt auch weiter daraus, dafs, wenn das Eisenoxyd ein Zersetzungsprodukt und eine Bildung auf nassem Wege sey [2]), ein Gleiches auch von dem Albite anzunnehmen sey, so dafs man glauben möchte, der Feldspath sey ursprünglich ein inniges Gemenge von reinem Feldspath mit Albit gewesen, letzterer aber allmälig von den Gewässern ausgezogen, und auf der Oberfläche wieder abgesetzt. Dafs diefs noch nicht vollständig geschehen sey, beweist die Analyse des Feldspaths von Schwarzbach von Awdeëff, wonach derselbe noch eine gröfsere Menge Natron enthielt, als der glasige Feldspath nämlich 5,06 Proc. [3]), und dafs durch solche Ausziehung von Albit keine bedeutende Veränderung in der Spaltbarkeit einzutreten braucht, beweisen die grünen Diopside von Sahla, die wie aus den Untersuchungen meines Bruders hervorgeht [4]), Kalkerde verloren und Talkerde und Wasser aufgenommen haben, sich mit dem Messer mit Leichtigkeit ritzen lassen, aber doch nicht ihre Spaltbarkeit gänzlich eingebüfst haben. Uebrigens enthält auch der Feldspath zuweilen kleine Albitkrystalle in sichtbarer Gröfse und nicht unbeträchtlicher Menge eingemengt, wie z. B. zuweilen der

1) Bei einem solchen Versuche blieb unter den gröfseren Albitkrystallen in der Mitte noch etwas Eisenoxyd zurück, aber auch diefs würde gewifs ausgezogen seyn, hätten die Stücke längere Zeit in Chlorwasserstoffsäure gelegen.

2) Dafs Eisenglanz eine Bildung auf nassem Wege seyn kann, beweisen auf das Bestimmteste die in Eisenglanz veränderten Muscheln von Semur im Dep. Côte d'or. Vergl. Blum's Pseudomorphosen, Nachtrag S. 202.

3) Vergl. Poggendorff's Annalen Bd. 52, S. 468. Dafs in dem analysirten Feldspath kein Albit sichtbar eingemengt war, kann ich bezeugen, da ich Hrn. Awdeëff das Mineral zur Analyse selbst mitgetheilt hatte.

4) Vergl. Schweigger's Journ. Bd. 35, S. 100 und auch Bischof chem. und physik. Geologie Bd. 2, S. 516.

grüne, Amazonenstein genannte, Feldspath vom Ilmengebirge im Ural [1]).

VII. *Untersuchung der specifischen Eigenschaften der beiden Säuren, aus denen die Traubensäure besteht; von Hrn.* L. Pasteur.

(*Ann. de chim. et de phys. T. XXVIII. p.* 56 frei und abgekürzt.)

Die gegenwärtige Arbeit bezweckt zu zeigen, was eine frühere nur unvollständig that [2]), dafs die Traubensäure eine Verbindung ist von zwei Säuren, welche die Polarisationsebene des Lichtes gleich stark drehen, aber die eine rechts und die andere links, welche in ihrer, sonst gleichen Krystallform einen ähnlichen Unterschied darbieten, und diese Eigenschaften auch auf ihre Salze übertragen. Von diesen Säuren, die durch die Namen *Rechts- und Linkstraubensäure* (*Acide dextroracémique et acide lévoracémique*) unterschieden wurden, ist die Rechtstraubensäure identisch mit der Weinsäure.

Das Material zu dieser Untersuchung lieferte Hr. Kestner zu Thann (Elsafs), der Entdecker der Traubensäure, was um so dankenswerther ist, als diese Säure seitdem nicht wieder vorgekommen ist. Vergebens hat Hr. Kestner manigfaltige Versuche zu deren Darstellung unternommen und ohne Zweifel verdankt sie ihre Entstehung nur einem besondern Umstand in der Fabrikation oder einer Krankheit des Weinsteins in den Trauben.

Traubensaures Natron-Ammoniak.

Es war dieses Doppelsalz, durch welches zuerst die Trennung der beiden Säuren gelang.

1) Vergl. G. Rose Reise nach dem Ural etc. Bd. 2, S. 79.

2) *Ann. de chim. et de phys. T. XXIV. p.* 442.

Sättigt man gleiche Theile Traubensäure durch Natron und durch Ammoniak und mischt die beiden Flüssigkeiten mit einander, so setzt sich beim Erkalten, oder freiwilligen Abdampfen ein Doppelsalz in schönen Krystallen ab, die nach drei oder vier Tagen eine Länge und Dicke von mehreren Centimetern erreichen. Untersucht man diese Krystalle einzeln, so erkennt man, dafs sie zweierlei Art sind; die einen sind rechts, die andern links hemiëdrisch, und die Gewichtsmengen beider sind zu jeder Zeit der Krystallisation gleich. Die Lösung der rechts-hemiëdrischen Krystalle dreht die Polarisationsebene des Lichts nach der Rechten, die der links-hemiëdrischen nach der Linken, und zwar um dieselbe Gröfse; bis auf die Anordnung der hemiëdrischen Flächen sind beide Arten von Krystallen vollkommen identisch.

Diese beiden Salze lassen sich nur dadurch trennen, dafs man ihre Krystalle nach deren hemiëdrischen Charakter aussucht, was natürlich bei den verwachsenen nur sehr unvollständig geschehen kann. Soviel wie möglich mufs man nur isolirte gut ausgebildete Krystalle auslesen. Fügt man zu einer kalt gesättigten Lösung, z. B. zur Mutterlauge einer Krystallisation, eine gewifse Menge gemischter Krystalle und löst sie durch Erwärmen der Flüssigkeit, so erhält man nach drei oder vier Tagen sehr schöne, isolirte und leicht auszulesende Krystalle. Die hinzugefügte Salzmenge mufs eine solche seyn, dafs sich in den ersten 24 Stunden nur einige Krystalle aussondern. Die Lösung dieses Salzes verliert Ammoniak beim Verdampfen und dadurch erfolgt eine Ablagerung von saurem Salz in sehr kleinen Krystallen. Um die Bildung dieses sauren Salzes zu verhüten, fügt man der Lösung, wenn man sie zum Krystallisiren hinsetzt, einige Tropfen Ammoniak hinzu.

Will man sich durch eine chemische Reaction überzeugen, dafs die sonach getrennten Krystalle von zweierlei Art sind, deren keine, einzeln genommen, Traubensäure enthält, so braucht man sie nur aufzulösen und mit der Lösung eines Kalksalzes zu behandeln. Sind die Lösungen

etwas

etwas verdünnt, so sieht man keinen Niederschlag entstehen, vielmehr setzen sich nach einiger Zeit isolirte glänzende Krystalle ab, bestehend aus geraden Prismen mit rhombischer Basis, die an den Enden in ein Octaëder übergehen. Endlich schlägt sich das Kalksalz mit allen Kenntzeichen des weinsauren Kalkes nieder. Die Lösungen beider Arten von Krystallen verhalten sich ganz gleich für das Auge. Löst man aber beide Krystallarten, die rechts- und die links-hemiëdrischen, gemeinschaftlich auf, so bildet das Kalksalz, selbst in einer sehr verdünnten Lösung, sogleich oder nach einigen Sekunden einen Niederschlag in Gestalt eines amorphen Pulvers oder kleiner dünner Lamellen, die, je nach der mehr oder weniger groſsen Langsamkeit der Fällung, isolirt oder sternförmig gruppirt sind, und alle Kennzeichen des traubensauren Kalks besitzen.

Krystallform des rechts- und des links-traubensauren Natron-Ammoniaks.

Die Krystallform des rechts-traubensauren Natron-Ammoniaks ist in Fig. 6, Taf. II. abgebildet, die des links-traubensauren in Fig. 7. Es ist ein gerades Prisma mit rechteckiger Basis *P*, *M*, *T*, abgestumpft an den Seitenkanten durch die Flächen *b'*. Die Kante der Flächen *b'* mit *T* ist abgestumpft durch eine Fläche *h*. Wäre keine Hemiëdrie vorhanden, würde jedes Ende vier Flächen *h* haben, die durch ihre Verlängerung ein gerades Octaëder mit rhombischer Basis gäben. Allein es sind an jedem Ende nur zwei Flächen *h* vorhanden und diese beiden Paare stehen so über Kreuz, daſs sie durch ihre Verlängerung ein regelmäſsiges Tetraëder bilden. Hält man die Fläche *P* vor sich, mit der Fläche *T* horizontal, so hat man rechts oben am Krystall eine Fläche *h*. Der ganze Unterschied zwischen dem rechts- und dem links-traubensauren Salz besteht darin, daſs, bei dem letzteren, bei gleicher Stellung des Krystalls, die Fläche *h* zur Linken des Beobachters liegt. Uebrigens sind die Winkel ganz dieselben an beiden Salzen.

In Wirklichkeit ist die Krystallform dieser Salze com-

plicirter als es die Figuren 6 und 7 darstellen. So unter andern kommen noch auf der Kante zwischen *P* und *T* zwei Flächen vor, die bemerkenswerth sind, weil sie die Fläche *P* ohne Winkelmessung erkennen lassen und dadurch das Auslesen der rechts- und der links-hemiëdrischen Krystalle sehr erleichtern.

Zuweilen geschieht es, dafs die Flächen *h* an einem und demselben Krystall sowohl zur rechten als zur linken Seite vorkommen; aber dieser Fall, der z. B. beim Brechweinstein häufig ist, in dem das unregelmäfsige Tetraëder desselben sich zu einem Octaëder vervollständigt, stellt sich glücklicherweise bei dem in Rede stehenden Salze nur sehr selten ein, und ist oft nur scheinbar.

Eine Frage, die sich natürlich darbietet, ist die: ob nicht die Traubensäure ein Gemenge gleicher Theile beider (rechts- und links-modificirten) Säuren sey, und daraus die beiden untersuchten Doppelsalze entstehen. Allein die oben erwähnte Reaction gegen Kalksalze spricht dagegen. Denn die Lösung eines Krystalls von Traubensäure, wie klein er auch sey, giebt mit einem Kalksalz traubensauren Kalk. Ueberdiefs wird man weiterhin sehen, dafs die Rechts- und die Links-Traubensäure nicht zusammen existiren können, ohne nicht durch ihre Verbindung sogleich Traubensäure zu geben, leicht erkennbar an der Gestalt und Löslichkeit.

Es ist also nur die Krystallisation, bei welcher das Doppelsalz von Natron und Ammoniak, aus einer noch unbekannten Ursache, ein Zerfallen der Traubensäure bewirkt und die beiden Salze entstehen läfst.

Diese Eigenschaft besitzt aufser dem genannten Doppelsalz nur noch das traubensaure Kali-Natron, welches leicht zu erhalten ist, zuwider den Angaben einiger Chemiker, die da behaupten, ein Gemeng von neutralem traubensaurem Kali und neutralem traubensaurem Natron gebe nur neutrales traubensaures Kali und nicht das Doppelsalz.

Die übrigen traubensauren Salze enthalten Traubensäure als solche. Dergleichen Krystalle sind die neutralen Salze von Kali, von Natron, von Ammoniak und das Kalksalz.

Nimmt man nämlich einen einzelnen Krystall von diesen Salzen und fällt seine Lösung durch ein lösliches Kalksalz, so fällt traubensaurer Kalk nieder. Ueberdiefs sind die Krystalle dieser Salze, namentlich die sehr regelmäfsigen des traubensauren Kalis und des traubensauren Natrons, nicht hemiëdrisch.

Darstellung der Rechts- und der Linkstraubensäure.

Um diese Säuren zu erhalten mufs man sich zuvörderst eine ziemlich grofse Menge der Krystalle verschaffen, die sich beim Versuche zur Darstellung des traubensauren Natron-Ammoniaks ablagern. Man nimmt gleiche Gewichtstheile Traubensäure, sättigt den einen durch reines kohlensaures Natron, den andern durch Ammoniak, und vermischt beide Flüssigkeiten. Man dampft sie ein, läfst krystallisiren und befolgt die früher gegebenen Vorschriften. Eine bei 11° C. gesättigte Lösung dieses Doppelsalzes zeigt 23° am Baumé'schen Aräometer an, dagegen 28°, wenn sie bei der Temperatur 21° C. gesättigt ist.

Rechtstraubensäure.

Dieselbe erhält man, wenn das rechtstraubensaure Natron-Ammoniak mit salpetersaur'em Bleioxyd oder einem Barytsalz behandelt wird. Das Bleisalz eignet sich dazu am besten, weil das rechtstraubensaure Bleioxyd fast unlöslich ist, und obwohl anfangs gelatinös niederfallend, bald, besonders in der Wärme, einen krystallinischen Niederschlag bildet, der sich leicht abfiltriren oder decantiren läfst. Es ist jedoch möglich, dafs es etwas salpetersaures Blei enthalte, welches nicht durch Waschen zu entfernen ist.

Die Krystalle des rechtstraubensauren Bleioxyds erweisen sich unter der Lupe oder dem Mikroskope als gerade rhombische Prismen mit octaëdrischer Abstumpfung der Enden.

Das Salz ist wasserfrei und hat die Zusammensetzung $C_4H_2O_5 . PbO$, denn 1,603 desselben, in einer Porcellankapsel geglüht, hinterliefsen 0,972, worin durch Behandlung

mit Essigsäure 0,479 metallisches Blei nachgewiesen wurden, wonach es 62,9 Proc. Bleioxyd enthält.

Dafs es fast ganz unlöslich ist, geht aus folgendem Versuch hervor. 100 Grm. rechtstraubensaures Natron-Ammoniak wurden mit 130 Grm. salpetersaurem Bleioxyd gefällt, und dadurch 135 Grm. trocknes rechtstraubensaures Bleioxyd erhalten. Diefs entspricht 50 Grm. trockner Säure; nach der obigen Zusammensetzung hätten es 50,5 Grm. seyn müssen.

Das rechtstraubensaure Blei wird darauf bei gelinder Temperatur mit Schwefelsäure behandelt, am besten mit einem kleinen Ueberschufs derselben, wenn man die Säure krystallisirt haben will; sonst ist dieser nicht nöthig. Auch kann man (wie zur Darstellung der Linkstraubensäure) das Bleisalz durch Schwefelwasserstoff zersetzen; doch hat diefs keinen Vortheil.

Aus concentrirten Flüssigkeiten, besonders bei Gegenwart einer kleinen Menge Schwefelsäure, schiefst die Rechtstraubensäure an, bei langsamer Verdampfung in klaren, voluminösen Krystallen von grofser Schönheit.

Die Rechtstraubensäure ist, wie sogleich bewiesen werden soll, in allen ihren physischen und chemischen Eigenschaften identisch mit der Säure im gewöhnlichen Weinstein und nur um an ihren Ursprung zu erinnern, wird sie hier noch durch den Namen von derselben unterschieden.

Identität der Rechtstraubensäure mit der Weinsäure. — Die Krystallform der Rechtstraubensäure ist Fig. 8. Taf. II. abgebildet; sie ist, wie die der Weinsäure, ein schiefes Prisma mit rectangulärer Basis. Parallel der Fläche *M* ist die Spaltbarkeit sehr glänzend. Die Winkel, die mit den von Hrn. de la Provostaye bei der Weinsäure gefundenen sehr gut übereinstimmen, sind:

$P:b = 145^\circ 32'$ $P:c = 134^\circ 30'$
$P:M = 100^\circ 32'$ $M:d = 128^\circ 32'$
$M:b = 135^\circ 00'$ $d:d = 102^\circ 54'$.
$M:k = 122^\circ 30'$

In der Regel ist der Krystall hemiëdrisch, denn die Flächen *c* finden sich entweder nur an seiner Rechten, wie es eben die Figur zeigt, oder, wenn sie auch an der Linken vorkommen, so sind sie doch meistens daselbst viel weniger ausgebildet. Nur in einigen sehr seltenen Fällen haben die Flächen *c* zur Rechten und Linken eine gleiche Ausdehnung, ein neuer Beweis, dafs die Ursache, welche die Hemiëdrie erzeugt, nicht immer eine Unsymmetrie der Gestalt herbeiführt.

Pyro-Elektricität der Weinsäure und der Rechtstraubensäure. — Beide Säuren sind pyro-elektrisch. Die gröbsten Prüfmittel auf Elektricität reichen hin zu zeigen, dafs ein Krystall von der einen oder andern Säure sich beim Erwärmen oder Erkalten mit beiden Elektricitäten ladet. Ist das Elektroskop sehr empfindlich, so kann man sehen, dafs schon die Handwärme Pole hervorruft. Beim Erkalten ladet sich die rechte Seite des Krystalls Fig. 8. Taf. II. mit positiver Elektricität, die linke mit negativer. Beim Erwärmen verhält es sich umgekehrt.

Specifisches Gewicht. — Durch Wägungen in Terpenthinöl, worin die Rechtstraubensäure ganz unlöslich ist, wurde ihr specifisches Gewicht $= 1{,}750$. Das der Weinsäure wird in den Lehrbüchern der Chemie zu 1,75 angegeben.

Chemische Zusammensetzung. — 0,5 Grm. krystallisirter Rechtstraubensäure gaben 0,583 Kohlensäure und 0,181 Wasser, woraus sich ergiebt die Formel $C_4H_2O_5.HO$ und die Zusammensetzung

	Rechtstraubensäure.	Während die der Weinsäure:
Kohle	31,9	32,0
Wasserstoff	4,0	4,0
Sauerstoff	64,1	64,0
	100,0.	100,0.

Drehungsvermögen der beiden Säuren. — Folgende Versuche werden zeigen, dafs das Vermögen zur Drehung der Polarisationsebene des Lichts bei der Rechtstraubensäure

eben so stark ist wie bei der Weinsäure, bei welcher es von Hrn. Biot so speciell untersucht wurde [1]).

31,428 Grm. Rechtstraubensäure wurden in 68,571 Grm. Wasser gelöst. Die scheinbare Dichtigkeit der Lösung war 1,1560, die Temperatur 21° C., die Länge der Beobachtungsröhre 500 Millimeter. Die Concentration der Lösung war ganz wie bei Hrn. Biot, nur betrug bei diesem die Temperatur 25°,5 C. und die Röhrenlänge 519,5 Mllm.

Die Farben der ordentlichen und der aufserordentlichen Bilder für verschiedene Azimute giebt Hr. Biot folgendermafsen an:

A.	*O.*	*E.*
00,00	Beinahe weifs	Blaugrün oder blafs grünblau
20,00	do.	Sehr sichtbar blau
21,00	do.	Verschwindend blau, kein Rothviolett.
23,00	do.	Violettroth
27,00	Milchweifs	Orangeroth oder rothorange
40,33	Beinahe weifs	Orangegelb
48,50	Blafs blaugrün	Röthlichweifs
90,00	Blaugrün oder grünblau	Beinahe weifs

Dieselben Farben wurden bei denselben Azimuten an der Lösung der Rechtstraubensäure beobachtet. Nur fand sich das Uebergangsazimut statt bei 21°, genau bei 20°, offenbar weil die Röhre im Verhältnifs 50 zu 52 kürzer war und die Temperatur statt 25°,5, nur 21° betrug, denn bekanntlich wächst das Drehungsvermögen der Weinsäure mit der Temperatur. Rothes Glas, welches bei Hrn. Biot eine Drehung von 18°,8 veranlafste, bewirkte nur eine von 17°,5.

Hr. Biot hat aus zahlreichen Versuchen eine Formel abgeleitet, mittelst deren man das Drehungsvermögen einer Lösung von Weinsäure ableiten kann, wenn man nur ihren Gehalt an dieser Säure kennt. Diese Formel ist

$$[\alpha]r = A + Be.$$

$[\alpha]r$ ist das moleculare Drehungsvermögen für den rothen Strahl; A eine für alle Lösungen constante, nur mit der Temperatur veränderliche Gröfse; B eine Constante

1) *Mém. de l'Inst.* 1837. (Ann. XXXVIII. 179.)

$= 14^\circ,31$ und c der Wassergehalt der Lösung in Gewichtstheilen.

Für 21° C. Temperatur, ist $A = -0,17132$, mithin hat man für die Lösung der Rechtstraubensäure:

$$[\alpha]_r = -0,17132 + 14^\circ,31 . 0,68571 = 9^\circ,64.$$

Berechnet man andrerseits das Drehvermögen mittelst der Formel

$$[\alpha]_r \frac{a}{l \varepsilon \delta} \text{ worin } \begin{cases} a = 17^\circ,5 & l = 500 \\ \varepsilon = 0,31428 & \delta = 1,153, \end{cases}$$

so findet man

$$[\alpha]_r = 9^\circ,681$$

eine vollkommene Uebereinstimmung für dergleichen Versuche.

Vergleicht man die Farben, welche eine die Polarisationsebene drehende Substanz, wie Quarz, Zucker u. s. w. in ihrem ordentlichen und aufserordentlichen Bilde darbietet, mit denen der vorstehenden Tafel, so sieht man deutlich einen Unterschied für gleiche Ablenkung. Ueberdiefs steht bei allen Substanzen, die dem allgemeinen Drehungsgesetze einfacher Strahlen folgen, das mittlere Azimut des rothen Glases zu dem Uebergangsazimut, bei gleicher Dicke, in dem constanten Verhältifs $\frac{23}{30}$. Um aber von der Ablenkung 20, die oben bei der Uebergangsfarbe beobachtet ward, zu der Ablenkung 17°,5 des rothen Strahles überzugehen, mufs man sie multipliciren mit $\frac{26,25}{30}$ oder nach Hrn. **Biot's** vorhin angeführten Versuch, mit $\frac{26,89}{30}$. Diefs beweifst, dafs die rechtstraubensauren Lösungen die Polarisationsebenen der einfachen Strahlen nicht so zerstreuen wie der Quarz.

Alles dieses hebt jeden Zweifel an der Einerleiheit der Weinsäure und Rechtstraubensäure, die weiterhin durch die Untersuchung ihrer Salze noch bestätigt werden wird.

Linkstraubensäure.

Die Darstellung derselben geschieht genau wie die der Rechtstraubensäure. Linkstraubensaures Natron-Ammoniak

wird mit salpetersaurem Bleioxyd behandelt und der Niederschlag durch verdünnte Schwefelsäure zersetzt.

Diese Säure krystallisirt, besonders wenn sie mit etwas Schwefelsäure vermischt ist, bei langsamer Verdampfung leicht, in sehr schönen klaren und grofsen Krystallen. Nichts ist sonderbarer und zugleich aufserordentlicher beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft als der Vergleich der Weinsäure oder Rechtstraubensäure mit der Linkstraubensäure, die man auch *Linksweinsäure* nennen könnte. Zwischen beiden Säuren ist kein anderer Unterschied angebbar als der in der Hemiëdrie und der im Sinne der Ablenkung der Polarisationsebene des Lichts. Winkel der Flächen, physikalisches Ansehen, Löslichkeit, specifisches Gewicht, chemische Eigenschaften, Zusammensetzung, alles ist gleich bei beiden Säuren, aber die Krystallform der einen ist das Gegenstück der anderen. Ein Weinsäure-Krystall, vor einem Spiegel gehalten, giebt ein Bild genau von der Form der Linkstraubensäure. Andererseits lenkt die Linkstraubensäure die Polarisationsebene des Lichts nach der Linken ab, während die Weinsäure sie nach der Rechten dreht und zwar um dieselbe absolute Gröfse [1]).

Krystallform. — Die Krystallform der Linkstraubensäure ist in Fig. 9, Taf. II. abgebildet; verglichen mit der Rechtstraubensäure in Fig 8 ersicht man, dafs beide Formen in allen Stücken identisch, jedoch nicht überdeckbare Polyëder sind. Sie decken einander nicht, weil die Fläche *b* nicht identisch mit der Fläche *k* ist, kurz weil das Prisma ein schiefes ist. Die Winkel sind übrigens dieselben wie bei der Rechtstraubensäure.

Auch hier wie bei der Rechtstraubensäure verschwinden die Flächen *c* zuweilen vollständig an der rechten Seite, wie es die Figur angiebt; häufig sind sie sowohl rechts als links vorhanden, aber, mit Ausnahme einiger sehr seltenen Fälle, sind sie an der linken Seite immer entwickel-

1) Weshalb denn auch durch die Traubensäure und deren Salze keine Drehung der Polarisationsebene bewirkt wird P.

ter als an der rechten. — Eine leichte und sehr glänzende Spaltbarkeit findet parallel der Fläche *M* statt.

Pyro-Elektricität. — Die Linkstraubensäure ist stark pyro-elektrisch, ebenso stark als die Rechtstraubensäure. Nur ist es, wenn der Krystall erkaltet, die linke Seite Fig. 9, welche sich positiv ladet, während die rechte Seite negative Elektricität annimmt. Bei der Rechtstraubensäure oder Weinsäure verhält es sich umgekehrt.

Specifisches Gewicht. — Bestimmt in Terpenthinöl, worin die Säure ganz unlöslich ist, fand es sich = 1,7496, identisch mit dem der Weinsäure.

Chemische Zusammensetzung. — 0,5 Grm. krystallisirter Linkssäure gab 0,583 Kohlensäure und 0,182 Wasser; demnach ist ihre Formel $C_4 H_2 O_5 . HO$ und ihre Zusammensetzung:

	Linkstraubensäure:	Weinsäure:
Kohlenstoff	31,9	32,00
Wasserstoff	4,02	4,00
Sauerstoff	64,08	64,00
	100,00.	100,00.

Löslichkeit. — Man füllte eine Röhre mit Krystallen von Linkstraubensäure, eine andere mit Krystallen von Rechtstraubensäure, gofs Wasser auf beide und liefs sie über Nacht stehen. Am anderen Morgen wog man von der rechtstraubensauren Lösung 1,226 Grm. und von der linkstraubensauren, 0,996 Grm. ab, und dampfte beide auf einem Ofen bei 100° ein, bis der Rückstand sein Gewicht nicht mehr änderte. Die rechtstraubensaure Lösung hatte verloren 0,699, die linkstraubensaure 0,567, wonach also die erste 57,01 Proc. und die letztere 56,92 enthielt. Dieser Versuch, bei welchem die Temperatur 19 oder 20° C. betrug, beweifst, dafs die Löslichkeit beider Säuren gleich ist.

Drehungsvermögen. — Das Vermögen zur Drehung der Polarisationsebene des Lichts ist, seiner Gröfse nach, bei der Linkstraubensäure genau gleich dem bei der Rechtstraubensäure. Auch die zuerst von Hrn. Biot bei der Wein-

säure nachgewiesene und bisher noch bei keiner anderen Substanz wahrgenommene ganz specielle Dispersion der Polarisationsebenen findet sich unverändert bei der Linkstraubensäure wieder. Ebenso ist der Einfluſs der Temperatur und der der Concentration der Lösung genau derselbe. Aber während die Drehung bei der Weinsäure nach der Rechten geht, erfolgt sie bei der Linkstraubensäure nach der Linken. Die folgenden Versuche lassen darüber keinen Zweifel und noch strenger spricht dafür die Neutralität der Traubensäure.

Eine Lösung von Linkstraubensäure, deren scheinbares spec. Gew. 1,21699 und deren wahres also 1,2147 war, wurde bei 20° C. in einer 50 Centim. langen Röhre beobachtet. Nach dem Mittel mehrer Beobachtungen betrug die Abhandlung für den rothen Strahl 18°,90L [1]), für die Uebergangsfarbe war sie 21°,28L. Berechnet man nach der von Hrn. Biot für die Weinsäure-Lösungen den Säuregehalt der Lösung aus dem scheinbaren specifischen Gewicht, so findet man, daſs sie 0,42 Proc. Säure enthielt. Die Formel

$$[\alpha]_r = A + Be$$

giebt dann

$$[\alpha]_r = -0{,}27840 + 14{,}31 . 0{,}58 = 8^\circ{,}02.$$

Nach der allgemeinen Formel

$$[\alpha]_r = \frac{\alpha}{l \varepsilon \delta} \text{ hat man } [\alpha]_r = 7^\circ{,}41$$ [2]).

1) Wir bezeichnen hier und in der Folge mit den Buchstaben L und R die Ablenkung der Polarisationsebenen nach der *Linken* oder *Rechten*. Das Original gebraucht dazu Pfeile. P.

2) Da die Abweichung des aus dem Versuch abgeleiteten Drehungsvermögen, 7°,41, von dem nach der Formel $[\alpha]_r = A + Be$ berechneten, 8°,02, gröſser war als bei allen übrigen Versuchen, so entstanden Zweifel an der Richtigkeit der Beobachtung. Der Fehler entspricht 2 bis 3 Graden in der direct gemessenen Ablenkung, was die Gränzen der möglichen Fehler bedeutend übertrifft. Sehr wahrscheinlich war der Nullpunkt vor der Beobachtung nicht verificirt und derselbe durch eine Veränderung in der Atmosphäre oder durch eine andere zufällige Ursache verschoben worden.

Wie schon erwähnt, ist bei allen Substanzen, welche die Polarisationsebenen nach der Art des Quarzes dispergiren, das Verhältnifs der Ablenkung des rothen Strahls zu der der Uebergangsfarbe gleich $\frac{23}{30}$. Diefs Verhältnifs nähert sich bei der Weinsäure weitmehr der Einheit, obgleich es für jede Lösung dieser Säure ein anderes ist. Sucht man durch welches Dreifsigstel man 21,28 multipliciren müsse, um 18,90 zu erhalten, so findet man $\frac{26,6}{30}$.

Entscheidender ist folgender Versuch, weil er mit einem unter wenig anderen Umständen von Hrn. Biot angestellten verglichen werden kann.

35,7 Grm. Linkstraubensäure wurden in 64,3 Grm. Wasser gelöst und die Lösung, bei 17°, in einer 50 Centm. langen Röhre beobachtet. Ihr scheinbares spec. Gewicht war 1,1806, ihr wahres 1,182.

Diese Lösung kommt der von Hrn. Biot beobachteten (s. *Mém.* von 1836 *p.* 142) sehr nahe, denn dieselbe enthielt 34,27 Säure und 65,73 Wasser, hatte ein scheinbares spec. Gew. $=1,1725$ und ein wahres 1,16919, und wurde bei 26° C. in einer 518 Millm. langen Röhre beobachtet. Für die Farben ihrer Bilder fand Hr. B.:

Der Verfasser übergab dieselbe Lösung Hrn. Biot. Dieser beobachtete sie gemeinschaftlich mit einer Weinsäure-Lösung von gleichem specifischen Gewicht bei 20°,5 C. in einer Röhre von 520 Millim. Für die traubensaure Lösung fand er

$$\alpha r = -21^\circ,925;\ \alpha j = -24^\circ,8 \text{ also } \alpha r : \alpha j = 26,52:30$$

und berechnet nach der von Hrn. Biot aus seinen Versuchen mit der Weinsäure hergeleiteteten Formel $[\alpha]r = A + Be$

$$[\alpha]r = 8^\circ,078.$$

Mittelst der allgemeinen Formel

$$[\alpha]r = \frac{\alpha r}{l \varepsilon \delta} \text{ findet man } [\alpha]r = 8^\circ,246.$$

Die Weinsäure-Lösung von gleichem specifischen Gewicht gab:

$$\alpha r = +22^\circ,15;\ \alpha j = +24^\circ,5 \text{ also } \alpha r : \alpha j = 27,12:30$$

und $[\alpha]r = 8^\circ,33$ berechnet nach der Formel:

$$[\alpha]r = \frac{\alpha r}{l \varepsilon \delta}.$$

A.	*O.*	*E.*
0,00	Beinahe weifs	Blafs blaugrün
19,00	do.	Gutes blaugrün
21,16	do.	Blaugrün, noch merklich, aber sehr schwach
22,50	do.	Null oder fast Null
23,00	do.	Purpur violettroth
28,00	do.	Orangeroth
32,50	do.	Rothgelb
59,00	Weifs, kaum grünlich	Weifs, kaum röthlich
90,00	Grünweifs oder blafs blaugrün	Fast weifs

Die Lösung der Linkstraubensäure gab Hrn. **Pasteur** Farben, die sich von denen der obigen Tafel in gleichen Azimuten nicht unterscheiden liefsen. Nur war die Ablenkung der Uebergangsfarbe 20°,5 *L* statt 22°,5 *R*, und die des rothen Strahls 17°,8 *L* statt der von Hrn. **Biot** gefundenen 20°,1 *R*.

Berechnet man $[\alpha]_r$ mittelst der Formel für die Weinsäure-Lösungen $[\alpha]_r = A + Be$ für die Temperatur 17°, so findet man:

$$[\alpha]_r = -0{,}62116 + 14{,}31 \, . \, 0{,}64 = 8^\circ{,}53$$

für das Drehungsvermögen unserer linkstraubensauren Lösung.

Berechnet man dasselbe andererseits nach der allgemeinen Formel

$$[\alpha]_r = \frac{\alpha}{l \varepsilon \delta}$$

und den Daten des obigen Versuchs:

$$\alpha = 17^\circ{,}8; \; l = 50; \; \varepsilon = 35{,}7; \; \delta = 1{,}182,$$

so findet man

$$[\alpha]_r = 8^\circ{,}43.$$

Die Uebereinstimmung kann nicht genügender seyn.

Hier noch eine andere Bestätigung. Das Drehungsvermögen der **Biot**'schen Lösung bei 26°,6 C. ist 9°,55. Berechnet man nach der Formel $[\alpha]_r = A + Be$, was das Drehungsvermögen der linkstraubensauren Lösung bei 26° seyn würde, so findet man

$$[\alpha]_r = 9^\circ{,}47.$$

Sucht man endlich, in Dreifsigsteln ausgedrückt, das Verhältnifs der Ablenkung der rothen Farbe zu der der Uebergangsfarbe, so findet man es bei der Linkstraubensäure $= \frac{26,5}{30}$, während Hr. Biot es bei der Weinsäure $= \frac{26,6}{30}$ gefunden hat.

Alle diese Bestätigungen beweisen übereinstimmend, dafs zwischen dem Drehungsvermögen der Weinsäure und dem der Linkstraubensäure kein anderer Unterschied als der seiner Richtung vorhanden ist.

Merkwürdig in mehrfacher Beziehung ist das Verhalten der salzsauren Lösung des Kalksalzes beider Säuren. *Links*traubensaurer Kalk, in Chlorwasserstoffsäure gelöst, giebt eine Flüssigkeit, die ein sehr merklich *rechts*gehendes Drehungsvermögen besitzt. Die Lösung der Weinsäure oder *Rechts*traubensäure in derselben Säure lenkt dagegen *links* ab. Nachstehendes ist das Detail eines mit linkstraubensaurem Kalk angestellten Versuchs.

20 Grm. des krystallisirten Salzes wurden in 63 Cub. Centm. einer Chlorwasserstoffsäure gelöst, von denen 100 C C., bei 21°, 11,25 Grm. trocknes ClH enthielten. Das spec. Gew. dieser Säure von 1,08157 bei 21°,5. In einer 39,8 Centm. langen Röhre betrug die Drehung für die Uebergangsfarbe 6°,7 *R*. Das spec. Gew. der Lösung betrug 1,18595.

Mit vieler Sorgfalt überzeugte sich Hr. P., dafs die Lösung des linkstraubensauren Kalks in Chlorwasserstoffsäure keine Spur von Weinsäure, noch von Traubensäure enthielt. Es ist also eine ganz eigenthümliche Wirkung der Chlorwasserstoffsäure auf den linkstraubensauren Kalk, wodurch, ohne Bildung von Rechtstraubensäure, die Drehung in die rechtsgehende umgewandelt wird.

Traubensäure.

Aus vorstehenden Thatsachen erhellt, dafs die Traubensäure aus zwei besonderen Säuren, der Weinsäure oder Rechtstraubensäure und der Linkstraubensäure besteht. Um den Beweis davon zu vollenden, braucht man nur concen-

trische Lösungen beider Säuren mit einander zu mischen; augenblicklich gesteht das Ganze, unter fühlbarer Wärme-Entwicklung, zu einer krystallinischen Masse, die alle physischen und chemischen Eigenschaften der Traubensäure besitzt. Durch Wiederauflösen und Umkrystallisiren erhält man die Traubensäure in schönen Krystallen, die in ihrer Krystallform und Zusammensetzung ganz identisch sind mit der Säure von Thann.

0,5 Grm. dieser Säure gaben 0,519 Kohlensäure und 0,215 Wasser, entsprechend der Formel $C_4H_2O_5.HO$ oder

		Die Säure von Thann enthält:
Kohlenstoff	28,32	28,57
Wasserstoff	4,96	4,76.

Obwohl sich nun also die Traubensäure aus ihren Bestandtheilen zusammensetzen läfst, so ist es doch bisher weder Hrn. Kestner noch Hrn. Pasteur geglückt, die Weinsäure in dieselbe umzuwandeln. Letzterer, geleitet durch Biot's Beobachtung, dafs das Drehungsvermögen der Weinsäure-Lösung sowohl bei Temperatur-Erniedrigung als bei Zusatz von Schwefelsäure abnimmt, setzte eine solche Lösung, theils für sich, theils vermischt mit Schwefelsäure, der Kälte aus, allein im ersteren Fall gefror sie, und im letzteren, obwohl die Temperatur — 19° C. betrug, zeigte die Flüssigkeit noch Drehungsvermögen, hatte sie sich also nicht in Traubensäure umgewandelt.

Uebrigens ist zu bemerken, dafs so wie das (Rechts)-Drehungsvermögen der Weinsäure mit sinkender Temperatur abnimmt, das nach der Linken drehende Vermögen der Linkstraubensäure sich unter gleichen Umständen ebenfalls verringert.

Rechts- und linkstraubensaure Salze.

Alle Beziehungen, die in der Gestalt, dem Drehungsvermögen und den chemischen Eigenschaften zwischen der Rechts- und Linkstraubensäure stattfinden, wiederholen sich genau bei den Salzen beider Säuren. Jedem weinsauren

Salz entspricht ein linkstraubensaures, dafs sich nur durch die Lage seiner hemiëdrischen Flächen und durch sein Drehungsvermögen von ihm unterscheidet.

Linkstraubensaures Ammoniak.

Sättigt man Linkstraubensäure durch Ammoniak und überläfst die Flüssigkeit dem freiwilligen Verdampfen (einer heifsen Lösung mufs man Ammoniak in Ueberschufs hinzusetzen, weil sie Ammoniak verliert und beim Krystallisiren in neutrales und saures Salz zerfällt), so erhält man klare sehr schöne und wenig efflorescirende Krystalle von der Gestalt Fig. 10. Taf. II. Verglichen mit der in Fig. 11 abgebildeten Gestalt des weinsauren oder rechtstraubensauren Salzes ersieht man, dafs sie von dieser nur durch die Lage der hemiëdrischen Flächen *h* abweicht. Die Winkel sind gleich, nämlich beim

	linkstraubensauren Salz	weinsauren Salz [1])
$P:M$	= 88° 2′	= 88° 9′
$P:b$	= 127 25	= 127 40
$P:d$	= 124 47	= 124 55
$h:M$	= 125 0	= 125 0
$d:d$	= 110 55	= 110 0
$h_1:M$	= 126 20	= 126 20.

Beide Salze, das links- und das rechtstraubensaure, sind parallel *P* deutlich und leicht spaltbar.

Chemische Zusammensetzung. — 0,5 Grm. des krystallisirten linkstraubensauren Ammoniaks gaben 0,482 Kohlen und 0,297 Wasser, wornach es, entsprechend der Formel $C_4H_2O_5 . NH_4O$, enthält:

		wogegen d. weinsaure Salz:
Kohlenstoff	26,3	26,0
Wasserstoff	6,6	6,5

Drehungsvermögen. — 8,9585 Grm. linkstraubensaures Ammoniak wurden in 64,728 Grm. Wasser gelöst. Die Lö-

1) Diese Winkel sind von Hrn. De la Provostaye entlehnt, bis auf die $h:M$ und $h_1:M$, welche derselbe zu 145° 14′ und 143° 50′ angiebt.

sung hatte bei 18°,2 C. das spec. Gew. 1,057. In einer 50 Centm.langen Röhre bei 17° C. beobachtet, ergab sich für die Uebergangsfarbe die Ablenkung 24° 50 *L*. Dieselbe Lösung, im Soleil'schen Compensationsapparat beobachtet, gab 10,2 Part. entsprechend 24°,48 *L*.

Hiernach findet man mittelst der allgemeinen Formel $[\alpha] = \frac{\alpha}{l \varepsilon \delta}$ das moleculare Drehungsvermögen $[\alpha] = 38^{\circ}\ 195$ für die Uebergangsfarbe, und, wenn man dasselbe mit $\frac{23}{30}$ multiplicirt, für das entsprechende Vermögen der rothen Farbe $[\alpha]_r = 29^{\circ},29\ L$, übereinstimmend mit Hrn. Biot, der das Drehungsvermögen des neutralen weinsauren Ammoniaks $[\alpha]_r = 29^{\circ},004$ fand.

In einem Falle bildeten sich bei Hrn. P. unregelmäfsige Tetraëder, die, aus der Flüssigkeit genommen, von Innen aus opak wurden, und, obwohl sie deshalb nicht genau gemessen werden konnten, eine andere Form als die gewöhnliche des linkstraubensauren Ammoniaks erkennen liefsen. Vermuthlich war diefs ein dimorpher Zustand desselben.

Linkstraubensaurer Brechweinstein.

Saures linkstraubensaures Kali wurde mit Antimonoxyd gesättigt und zum Krystallisiren hingestellt. Es bildeten sich klare sehr schöne Krystalle Fig. 13. Taf. II., ganz ähnlich, bis auf die Lage der Flächen *b*, denen des gewöhnlichen Kali-Brechweinstein Fig. 12.

Bei den ersteren liegen die Flächen *b*, wenn man *P* horizontal legt und *g* gegen sich wendet, an der linken Hand. Zuweilen sind die Krystalle homoëdrisch, alle acht octaëdrischen Flächen *b* gleichmäfsig ausgebildet. Dann kann man sie nur durch das Drehungs-Phänomen ihrer Lösung von denen der Weinsäure unterscheiden.

Specifisches Gewicht. — Dasselbe ergab sich beim weinsauren Brechweinstein zu 2,5569, beim linkstraubensauren zu 2,4768, beides bestimmt in Terpenthinöl, worin diese Salze unlöslich sind.

Che-

Chemische Zusammensetzung. — Sie entspricht genau der von Dumas und Piria für den gewöhnlichen Brechweinstein gegebenen Formel $C_4 H_2 O_5 . Sb_2 O_3 + C_4 H_2 O_5 . KO + HO$. Denn diese Chemiker fanden im

	weinsauren Salz:				während das linkstraubensaure Salz:
Kohlenstoff	14,3	14,0	14,44	14,42	14,45
Wasserstoff	1,5	1,5	1,49	1,52	1,47

indem Hr. P. aus 2 Grm. linkstraubensauren Brechweinstein 0,265 Wasser und 1,060 Kohlensäure erhielt, was zu den letzteren Zahlen führt:

Drehvermögen. — Eine bei 17°,5 gesättigte Lösung des linkstraubensauren Brechweinsteins gab in einer 50 Centim. langen Röhre für die Uebergangsfarbe die Ablenkung 61° *L.* Eine bei 17°,2 gesättigte Lösung des gewöhnlichen Brechweinsteins dagegen 60° *R.*

5 Grm. linkstraubensaurer Brechweinstein in 68,509 Grm. Wasser gelöst, bei 19° in einer 50 Centim. langen Röhre beobachtet, gaben für die Uebergangsfarbe 55° 30′ *L.* Gewöhnlicher Brechweinstein, unter völlig gleichen Umständen, gab 55° 30′ *R.* Das specifische Gewicht dieser beider Lösungen war 1,0447.

Die allgemeine Formel $[\alpha] = \frac{\alpha}{l \varepsilon \delta}$ giebt für den

linkstraubensauren Brechweinstein $[\alpha]j = 156°,2$ *L*
weinsauren Brechweinstein $[\alpha]j = 156°,2$ *R.*

Linkstraubensaures Antimonoxyd-Ammoniak.

Saures linkstraubensaures Ammoniak in Wasser gelöst und mit Antimonoxyd gesättigt, giebt ein Doppelsalz, das mit dem tetraëdrischen linkstraubensauren Kali-Brechweinstein vollkommen isomorph ist.

Wenn man nach Krystallisation des tetraëdrischen Brechweinsteins die Krystalle aus der Mutterlauge nimmt, so liefert dieselbe Krystalle von anderer Form und chemischer Zusammensetzung. Dasselbe findet bei der Lösung des weinsauren Antimonoxyd-Ammoniaks statt.

Ein Grm. dieses neuen krystallisirten Brechweinsteins lieferte 0,314 Wasser und 0,515 Kohlensäure, entsprechend in 100

Kohlenstoff	14,05
Wasserstoff	3,49.

Die Formel $C_4H_2O_5(Sb_2O_3+NH_4O)+4HO$ erfordert.

Kohlenstoff	13,82
Wasserstoff	3,45.

Die Krystallform dieses Brechweinsteins, der sehr leicht efflorescirt, ist in Fig. 14. Taf. II. abgebildet. Fig. 15 ist die desselben weinsauren Doppelsalzes. Die Winkel beider sind gleich.

Linkstraubensaurer Kalk.

Versetzt man die Lösung eines linkstraubensauren Salzes mit einem Kalksalz, so lagern sich, bei grofser Verdünnung der Flüssigkeit, kleine glänzende harte sehr nette Krystalle ab, als gerade rhombische Prismen mit abgestumpften Enden, zuweilen mit vollständig ausgebildeten Octaëdern. In Form, Löslichkeit und übrigen Eigenschaften unterscheiden sie sich durchaus nicht vom weinsauren Kalk, da die Krystalle immer hemiëdrich sind. Dennoch ist gewifs, dafs der linkstraubensaure Kalk sehr vom rechtstraubensauren verschieden ist, denn mit diesem gemischt, bildet sich sogleich traubensaurer Kalk, der sich von beiden leicht und wohl unterscheiden läfst.

Die sonderbare Eigenschaft dieser Salze, in Chlorwasserstoffsäure gelöst, ein umgekehrtes Drehungsvermögen wie in wäfsriger Lösung zu zeigen, wurde schon vorhin S. 141 angeführt.

Beide Salze sind auch dimorph; denn zuweilen schiefsen sie anfangs in zarten, seidenartigen, divergirend verwachsenen Nadeln an, die am anderen Morgen in isolirte Octaëder übergegangen sind, und, nach einer Analyse, die Zusammensetzung $C_4H_2O_4.CaO+4HO$ besitzen, aber

selbst unter dem Mikroskop ihre Form nicht erkennen liefsen.

Zusammensetzung. — 1 Grm. linkstraubensaurer Kalk lieferte 0,4215 Wasser und 0,544 Kohlensäure. Hiernach enthält dieses Salz (*A*) und nach einer andern Analyse das in Nadel-Gruppen krystallisirende Salz (*B*) in 100:

	A.	*B.*
Kohlenstoff	14,8	15,7
Wasserstoff	4,69	4,7.

Dagegen fand Dumas für den weinsauren Kalk, verglichen mit der Formel $C_4H_2O_5 . CaO + 4HO$:

	Gefunden:	Formel:
Kohlenstoff	14,6	13,8
Wasserstoff	4,7	4,6.

Linkstraubensaures Natron-Ammoniak.

Die Krystallform dieses Salzes ist schon zu Anfange dieser Abhandlung studirt worden. Durch Umkrystallisation gereinigt, hat es ein Drehungsvermögen, welches, an Gröfse, dem des entsprechenden weinsauren Salzes ganz gleich ist.

Eine Lösung von 30,135 Grm. Salz in 60,270 Grm. Wasser, die bei 15°,5 das spec. Gew. 1,1499 besafs, gab, bei 16° 5 in einer 50 Centim. langen Röhre beobachtet, die Ablenkung für die Uebergangsfarbe $= 49°,8\ L$.

Die allgemeine Formel $[\alpha] = \frac{\alpha}{l \varepsilon \delta}$, worin $\alpha = 49°,8$, $l =$ die Röhrenlänge, ε der procentische Salzgehalt und δ die wahre Dichtigkeit der Lösung ist, giebt

$$[\alpha]_j = 26°,0\ L.$$

Specifisches Gewicht. — Dasselbe fand sich dem des rechtstraubensauren Natron-Ammoniaks nahe gleich, nämlich im Mittel gleich 1,576.

Löslichkeit. — Grofse Krystalle von beiden Salzen, dem links- und dem rechtstraubensauren Natron-Ammoniak, wurden in zwei Röhren in Eis gestellt, und mit kaltem Wasser übergossen und dann nach anderthalb Stunden die Lösungen rasch in zwei tarirte Schalen gebracht, und im sieden-

den Wasserbade abgedampft und eingetrocknet, bis die Rückstände nichts mehr verloren, wozu mehr als 20 Stunden erforderlich waren und wobei viel Ammoniak entwich. Dadurch fand sich, dafs die bei 0° gesättigte Lösung des rechtstraubensauren Doppelsalzes 15,17 Proc. und die des linkstraubensauren 15,13 Proc. enthielt, beide Rückstände getrocknet bei 100°.

4,093 des rechtstraubensauren Salzes bei 100° getrocknet, verloren 1,070, und 4,032 des linkstraubensauren 1,138, was 28,61 und 28,22 Proc. ausmacht. An krystallisirtem Salz enthielt also die bei 0° gesättigte Lösung des rechtstraubensauren 21,25 Proc. und die des linkstraubensauren 21,09.

Linkstraubensaures Natron-Kali.

Sättigt man von gleichen Theilen Traubensäure den einen mit Natron, und den andern mit Kali, und läfst die Flüssigkeit krystallisiren, so setzen sich zu gleichen Gewichtstheilen beide Salzarten ab, das links- und das rechtstraubensaure Doppelsalz dieser beiden Basen. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur einen einzelnen Krystall aufzulösen und durch ein Kalksalz zu fällen. Es bildet sich kein traubensaurer Kalk, sondern linkstraubensaurer oder rechtstraubensaurer.

Die Krystalle sind isomorph mit dem vorhin studirten Natron-Ammoniak-Doppelsalz (Fig. 6 und 7 Taf. II.)

Mit isolirter Linkstraubensäure wurde das Natron-Kali-Doppelsalz bereitet und es entstanden linkshemiëdrische Krystalle, die identisch waren mit denen, welche sich ablagern, wenn man, wie eben angegeben, traubensaures Natron-Kali zu bilden versucht. Das linkstraubensaure Doppelsalz ist in Gestalt, Eigenschaft und, was Gröfse betrifft, im Drehungsvermögen ganz dem Seignettesalz gleich, nur ist es linkshemiëdrisch, und linksdrehend.

Die Krystalle des links- und des rechtstraubensauren Natron-Kalis, die man beim Versuche zur Bildung des traubensauren Doppelsalzes dieser Basen erhält, weichen

von denen, die man mit isolirter Linkstraubensäure und Weinsäure bekommt, darin ab, dafs sie immer mit den hemiëdrischen Flächen versehen sind, während diese bei lezteren, z. B. beim gewöhnlichen Seignettesalz, oft fehlen.

Beim Versuche, das traubensaure Natron-Kali zu bilden, sind die erhaltenen Krystalle oft scheinbar homoëdrisch, weil die hemiëdrischen Flächen sich sowohl an der linken als an der rechten Seite entwickeln. Zuweilen ist auch die Homoëdrie eine wahrhafte, denn einzelne homoëdrische Krystalle geben mit Kalk traubensauren Kalk; allein im Allgemeinen ist die Homoëdrie nur eine scheinbare, wie man diefs mittelst Kalksalz oder durch eine sorgfältige Untersuchung der Krystallform erkennt.

Traubensaure Salze.

Aus Allem diesem folgt, dafs die traubensauren Salze d. h. die Salze, die man als eine Verbindung von links- und rechtstraubensauren betrachten kann, niemals hemiëdrisch vorkommen und die Polarisationsebene des Lichts ablenken können. Und so ist es auch wirklich, namentlich beim traubensauren Kali, traubensauren Natron und traubensauren Antimonoxyd-Kali, die in dieser Beziehung genauer untersucht wurden. Die Krystalle dieser drei Salze sind vollkommen homoëdrisch, und dafs ihre Homoëdrie keine versteckte ist, geht daraus hervor, dafs der kleinste Krystall von ihnen, aufgelöst und mit einem Kalksalz gefällt, traubensauren Kalk erzeugt.

VIII. *Dritte Notiz über neue sonderbare Anwendungen des Verweilens der Eindrücke auf die Netzhaut; von J. Plateau.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus *T. XVI* des *Bullet. de l'acad. de Bruxelles.* — Die zweite Notiz findet sich in d. Ann. Bd. 79, S. 269.)

Um mittelst des *Fantaskops* oder *Phaenakistikops* den gezeichneten Figuren das Ansehen von Leben und Bewegung zu geben, muſs man bekanntlich die rotirende Scheibe dicht vor dem einen Auge halten, das andere schlieſsen, und, durch die Zone der Oeffnungen hin, das Bild der Scheibe in einem Spiegel betrachten. Dieſs Verfahren ist aber unbequem und überdieſs zeigt es die ganze Reihe der auf der Oberfläche der Scheibe symmetrisch geordneten Figuren auf einmal und folglich unter verschiedenen Neigungen. Ich will daher eine Abänderung des Apparats beschreiben, mittelst deren die Erscheinung direct, mit beiden Augen, und folglich von mehr als einer Person zugleich beobachtet werden kann. Diese Abänderung, die auſserdem nur die, eine angemessene Stellung einnehmenden Figuren sehen läſst und auch die Täuschung sehr erhöht, beruht auf einer Combination der Verfahrungsweisen des Anorthoskops und des Phaenakistikops.

Gehen wir zum ersten dieser Instrumente zurück (Man sehe die zweite Notiz) und denken uns die Geschwindigkeiten beider Scheiben als einander entgegengesetzt. Bezeichnet man dann, wie wir in jener Note gezeigt haben, mit V_d die Geschwindigkeit der Scheibe, welche die Zerrbilder enthält, und mit V_n die der schwarzen Scheibe, so ist das Verhältniſs zwischen den Winkeldimensionen in der verzerrten und der regelmäſsigen Figur, gleich $\frac{V_d}{V_n} + 1$. Nun haben wir gezeigt, daſs, wenn das Verhältniſs $\frac{V_d}{V_n}$ keine ganze Zahl ist, das bei einem Umlaufe einer der Spalten erzeugte Bild nicht das Bild deckt, welches bei dem vor-

hergehenden Umlaufe dieser nämlichen Spalte entstanden war. Allein diese Nichtdeckung, welche man beim Anorthoskop nothwendig vermeiden mufs, macht dagegen eins der Principe der Täuschung aus, um die es hier sich handelt.

Nehmen wir $V_d = 1$ und $V_n = 4$ oder, anders gesagt, denken wir uns, die schwarze Scheibe drehe sich vier Mal schneller als die durchscheinende. Das Verhältnifs der Winkeldimensionen wird dann gleich $\frac{1}{4} + 1$ oder $\frac{5}{4}$ seyn, folglich die gesammte Winkelbreite der entstellten Figur sich zu der der regelmäfsigen verhalten wie 5 zu 4. Zeichnen wir die regelmäfsige Figur in einem Winkel, der $\frac{1}{20}$ des Umfangs bespannt, was, nach dem obigen Verhältnifs zwischen den Winkeldimensionen, $\frac{1}{16}$ als Maafs des von der verzerrten Figur eingenommenen Winkels giebt. Diefs gesetzt, ziehen wir nun auf Papier einen Kreis von gleichem Durchmesser wie die durchscheinende Scheibe und theilen denselben in 20 gleiche Winkel; zeichnen wir alsdann eine regelmäfsige Figur in einem dieser Winkel, eine zweite in dem folgenden, und sofort bis zur sechszehnten, und richten diese 16 Figuren nach dem Princip des Phaenakistikops ein, d. h. solchergestalt, dafs man, von der ersten zur letzten, stufenweise zu allen Abänderungen in Gestalt und Stellung übergeht, welche die Bewegung zusammensetzen, deren Anschein man hervorbringen will. Theilen wir hierauf die durchscheinende Scheibe in 16 gleiche Winkel, versetzen in jeden derselben eine der obigen Figuren, verzerren sie winkelförmig in dem Verhältnifs 4 zu 5 und bringen diese verzerrten Figuren in dieselbe Ordnung wie die regelmäfsigen, denen sie entsprechen. Endlich schneiden wir in der schwarzen Scheibe vier Spalten aus.

Die beiden also construirten Scheiben befestige man auf ihren Axen und stelle sie dergestalt, dafs der Radius, welche einen der mit den Zerrbildern versehenen Winkel halbiren würde, von der Mitte der Scheibe aus nach oben gekehrt sey und eine der Spalten sich vor demselben befinde. Hierauf beleuchte man die durchscheinende Scheibe von der Rückseite stark, stelle sie, wie beim Anorthos-

kop, hinter der schwarzen Scheibe auf und setze den Apparat in Bewegung. Sobald die Spalte, von der ihr gegebenen Lage aus, $\frac{1}{4}$ Umlauf zurückgelegt hat, wird die durchscheinende Scheibe $\frac{1}{16}$ Umlauf in entgegengesetzter Richtung vollendet haben, und folglich der Radius, welcher den Winkel, der dicht am eben betrachteten liegt, halbiren würde, in der verticalen Stellung angelangt seyn. Allein alsdann wird auch die folgende Spalte in dieser verticalen Stellung befindlich seyn und man sieht, daſs dasselbe statthaben wird bei allen Radien, die respective die Mitten der 16 mit Zerrbildern versehenen Winkel einnehmen: im Moment, wo einer dieser Radien durch die vom Centrum der Scheibe nach oben gezogene Verticale geht, trifft er mit einer der Spalten zusammen. Jeder der 16 Winkel mit seinem Zerrbilde wird also seinerseits durch eine der Spalten dergestalt vertrieben seyn, daſs die Mitte seines Bildes, vom Centrum aus, nach oben gerichtet ist, und folglich werden sich alle diese Bilder successive an dem nämlichen Orte zeigen. Aber diese Bilder werden im Verhältniſs 5:4 zusammengezogen seyn, so daſs jede verzerrte Figur ein regelmäſsiges Bild in aufrechter Stellung geben wird. Die rasche Folge aller dieser Bilder an einem und demselben Ort erzeugt also, wie beim gewöhnlichen Phaenakistikop, den unausgesetzten Anschein einer Figur, welche die beabsichtigte Bewegung ausführt.

Auſser diesem aufrechten Bilde, das aus dem Zusammentreffen der Zerrbilder und Spalten im oberen Theile ihrer Umläufe hervorgeht, entsteht offenbar, wie beim gewöhnlichen Phaenakistikop, auch eine Reihe anderer regelmäſsiger Bilder, die in Bezug auf das Centrum der Scheibe symmetrisch geordnet sind. Allein beim vorliegenden Instrument läſst es sich leicht so einrichten, daſs das aufrechte Bild, d. h. dasjenige, auf welches die Aufmerksamkeit gerichtet seyn soll, sich alleinig zeige; denn dazu braucht man nur mittelst eines Schirms das Licht der Lampe bis auf den vom aufrechten Bilde eingenommenen Raum aufzufangen. Man stellt diesen Schirm hinter der durchscheinenden

Scheibe auf, ihr möglichst nahe, und parallel ihrer Ebene; endlich bringt man die Lampe so an, dafs die Flamme sich der zum Durchlafs des Lichts bestimmten Oeffnung gegenüber befinde, und von derselben 6 bis 7 Centimeter entfernt sey. Die Oeffnung mufs die Form eines Trapezes haben, seitwärts durch zwei Radien der Scheibe und oben wie unten durch eine horizontale Gerade begränzt seyn. Leicht findet man, welche Winkelbreite und Höhe man diesem Ausschnitt zu geben habe. Der Schirm kann von geschwärzter Pappe seyn.

Die Anwendung des Schirmes setzt aber voraus, dafs das aufrechte Bild immer genau an derselben Stelle bleibe, was erfordert, dafs das Verhältnifs der beiden Geschwindigkeiten strenge richtig und durchaus unveränderlich sey. Nun ist es aber fast unmöglich, diese Bedingung durch ein System von Rollen und Schnüren zu erfüllen [1]). Man mufs also ein System von gezahnten Rädern anwenden; ich habe das folgende angewandt.

Die horizontal und in gegenseitiger Verlängerung liegenden Axen, auf welchen die durchscheinende und die schwarze Scheibe mittelst Mütter befestigt sind, lassen zwischen ihren, einander zugewandten Enden, einen gewissen Abstand. Jedes dieser beiden Enden trägt ein Rad mit Zähnen senkrecht auf seiner Ebene und dem Zwischenraume beider Räder zugewandt; diese beiden Räder sind vertical, parallel und um eine selbe Gerade drehbar. Dasjenige, dessen Axe die durchscheinende Scheibe aufnimmt, hat einen Durchmesser von 6 Centimetern; dagegen ist bei dem andern, welches die schwarze Scheibe aufnimmt, der Durchmesser sowie die Anzahl der Zähne viermal geringer. In dem Raume zwischen den beiden Rädern steht ein um sich selbst drehbarer Stahlstift, versehen mit einem Getriebe, das mit seinem oberen Theil in den oberen Theil des grofsen Rades und mit seinen unteren Theil in den oberen Theil des kleinen Rades eingreift. Versetzt man nun den Stahlstift in Drehung, so drehen sich begreiflich die bei-

1) Man sehe die zweite Notiz.

den Räder und folglich auch die beiden Scheiben in entgegengesetzter Richtung, nur ist die Geschwindigkeit der schwarzen Scheibe die vierfache von der der durchscheinenden. Die beiden Scheiben sind 18 Millimeter von einander entfernt. Der Stahlstift geht bis zum Fuſs des Instruments hinab und ist am unteren Ende mit einem zweiten Getriebe versehen, welches in ein anderes verticales Rad greift, und dieses hat eine kleine Handhabe, mittelst welcher man das ganze System in Bewegung setzt.

Der Glascylinder der Lampe muſs umgeben seyn von einem im Durchmesser doppelt so groſsen Blechcylinder mit einem Loch von 7 bis 8 Centim. Höhe und 2,5 Centim. Breite, in der Höhe der Flamme, auf Seite des Apparats. Dieser Blechschornstein muſs oben eine Rauchkappe (*fumivore*) haben, damit die Decke des Zimmers nicht beleuchtet werde; auch darf in diesem Zimmer keine andere Lampe oder Kerze angezündet seyn.

Bei meinem Instrumente halten die durscheinenden Scheiben 27 Centim. im Durchmesser. Die Figuren nehmen eine Zone ein, die zwischen zwei Kreisen von respective 5,5 und 12 Centim. Durchmesser eingeschlossen ist, so daſs die Zone eine Breite von 5,5 Centim. besitzt. Da das Papier, um die gehörige Durchsichtigkeit zu haben, dünn seyn muſs, und andererseits die Scheiben einen ziemlich groſsen Durchmesser besitzen, so habe ich, um ihnen mehr Steifigkeit zu geben, den Raum zwischen der inneren Gränze der Zone und dem Centrum mit einer Scheibe Bristol-Papier beklebt und auch jenseits der äuſseren Gränze der Zone einen ringförmigen Streifen desselben Papiers angebracht. Die Figuren sind in Aquarell ausgeführt, allein in den dunklen Partien wurde die Farbe auf beide Seiten des Papiers aufgetragen, um die Kraft derselben zu verstärken; aus demselben Grunde wurden die Stellen, die mehr Glanz haben sollten, mit Firniſs überzogen. Um das Detail über meinen Apparat zu vervollständigen, füge ich noch hinzu; 1) daſs die Schlitze in der schwarzen Scheibe an dem vom Centrum entferntesten Ende 2 Millim. breit sind und von

da gegen das Centrum schmäler werden, 2) dafs die Oeffnung in dem Schirm 65 Millim. hoch ist, oben eine Breite von 33 Millim. und unten eine von 15 Millim. besitzt, und 3) endlich, dafs dieser Schirm etwa 7 Millim. entfernt von der durchscheinenden Scheibe aufgestellt wird.

Wenn alles beschriebener Maafsen vorgerichtet, und der Apparat in Bewegung gesetzt ist, sieht man, wie zu Anfange dieser Note gesagt, den Effect direct und mit beiden Augen, und obwohl es am zweckmäfsigsten für den Beobachter ist, sich gerade vor dem Bilde aufzustellen, so begreift man, dafs die Erscheinung sich auch noch hinlänglich unter einer kleinen Schiefe zeigt, so dafs zwei oder drei Personen gleichzeitig beobachten können. Ueberdiefs sieht man blofs ein einziges Bild, nämlich dasjenige, welches die aufrechte Stellung einnimmt. Und da nur dieses Bild allein im ganzen Zimmer erleuchtet ist, so hat es eine bedeutende Helligkeit und man kann somit Licht-Effecte hervorbringen, die man mit dem gewöhnlichen Phaenakistikop unmöglich erlangen kann.

Als Beispiel will ich erwähnen, was einer meiner Apparate leistet. Das Bild stellt einen Teufelskopf vor, welcher sich vorüber neigt, um ein Kohlenfeuer anzublasen, dann sich zurückbiegt, um Athem zu holen, hierauf sich abermals zum Anblasen neigt, und so fort. Man sieht diesen Kopf von vorne; er ist ungefähr 4 Centim. hoch, und befindet sich, wie das Feuer, auf einem dunklen Hintergrund. Wenn er bläfst, schwellen seine Baken an, seine Lippen treten hervor, und, die Stirne runzelnd, richten sich die Augen auf das Feuer; zugleich facht dieses sich an, sprüht und verbreitet ein lebhaftes Licht, welches den Kopf von unten her stark beleuchtet und dagegen die hinteren Theile desselben, welche im Schatten bleiben, sehr verdunkelt. Wenn dann der Kopf sich aufrichtet und Athem schöpft, sinken seine Baken zusammen, er öffnet den Mund, entrunzelt die Stirn und richtet die Augen auf den Zuschauer; allein nun läfst auch das Feuer nach, und verliert an Glanz,

wobei der Kopf, welcher überdiefs weniger nahe ist, im Halbdunkel erscheint.

Einer unserer grofsen Künstler, Hr. Madou, war auf meine Bitte so gut, das Modell des Kopfes für den Moment zu zeichnen, wo er mit der gröfsten Heftigkeit bläfst. Ich übertrug hierauf diese Zeichnung in eine der Abtheilungen der durchscheinenden Scheibe, vergröfserte die Winkeldimensionen in allen ihren Theilen, im Verhältnifs 4 : 5 darauf veränderte ich sie gehörig in den übrigen Abtheilungen, und verwandte die gröfste Sorgfalt auf die Ausführung dieser Figuren. Das gewöhnliche Phaenakistikop giebt nur eine sehr unvollkommene Idee von den Effecten, welche man durch Anwendung des ihm zu Grunde liegenden Princips hervorbringen kann, welche aber vollkommen erreichbar sind mittelst des neuen Apparats, der Gegenstand dieser Note ist. Auch hat mein kleiner Kohlenbläser bei Allen, die ihn in Thätigkeit sahen, eine wahrhafte Bewunderung erregt.

Allein man kann noch weiter gehen, wenn man eine Idee benutzt, die mir Hr. Wheatstone mitgetheilt hat, und darin besteht, das Princip des Stereoskops mit dem des Phaenakistikops zu vereinigen. Mittelst des von jenem Physiker erfundenen Stereoskops scheinen Gegenstände, die auf ebenen Flächen mit blofsen Strichen perspectivisch gezeichnet sind, bekanntlich drei Dimensionen zu haben, in solcher Täuschung, dafs man sich unmöglich derselben erwehren kann. Gesetzt nun, es gelänge durch Combination beider Instrumente, diesen Effect dem des Phaenakistikops hinzuzufügen; alsdann werden Figuren, die einfach auf Papier gezeichnet sind, unwiderstehlich erhoben (*en ronde bosse*) und sich bewegend erscheinen, und somit das vollständige Ansehen von Leben erhalten. Diefs heifst die Täuschung der Kunst auf die höchste Stufe tragen.

Nun ist die in dieser Note beschriebene Abänderung des Phaenakistikops ungemein geeignet, die besagte Combination zu verwirklichen. Bekanntlich erfordert die Darstellung eines Gegenstandes im Stereoskop zwei Zeichnun-

gen, die eine gewisse Relation zu einander haben und seitwärts im Apparate aufgestellt werden. Es genügt also zwei durchscheinende Scheiben zu construiren, deren Figuren die vom Stereoskop verlangte Relation zu einander haben, dann diese Scheiben auf zwei ähnlichen Apparaten wie dem beschriebenen zu befestigen, sie an beiden Seiten des Wheatstone'schen Apparats gehörig anzubringen, und endlich dafür zu sorgen, dafs beide Systeme genau einerlei Bewegung erhalten. Diese letztere Bedingung ist leicht zu erfüllen, wenn man die beiden gezahnten Räder, welche zum Drehen der unteren Trillinge der beiden Stahlstifte bestimmt sind, auf einer gemeinschaftlichen mit einer Handhabe versehenen Axe befestigt.

Nur giebt es eine, aber bedeutende Schwierigkeit, die nämlich, die Figuren so zu zeichnen, dafs sie genau die vom Stereoskop verlangte Relation besitzen. Indefs könnte man sie überwinden, wenn man ein, auch von Hrn. Wheatstone erfundenes Erfahren anwendete. Um ein Paar von Zeichnungen zu erhalten, welches im Stereoskop die Vorstellung nicht von einer blofsen Perspective in Strichen, sondern von einem Gegenstande mit gewölbten Formen, wie eine Bildsäule, zu geben vermag und zwar mit Schatten und Lichtern, hat Hr. Wheatstone den Gedanken gehabt, mittelst der Photographie auf Papier zwei Bilder des Objects hervorzubringen, während dabei successiv das Daguerreotyp in zwei so verschiedene Stellungen gebracht ist, dafs die beiden Bilder die erforderliche Relation zu einander besitzen. Man könnte z. B. die 16 Abänderungen der regelmäfsigen Figur, deren Bild man in dem uns beschäftigenden combinirten Apparat erzeugen will, in Gyps modelliren, dann mit dem Daguerreotyp von jedem dieser 16 Modelle ein Paar Zeichnungen aufnehmen, und endlich diese Zeichnungen unter erforderlicher Verzerrung auf zwei Scheiben übertragen. Ohne Zweifel wäre diefs eine etwas lange, und die höchste Sorgfalt erfordernde Arbeit; aber man würde durch die Bewunderungswürdigkeit der Resultate reichlich entschädigt seyn.

IX. *Untersuchung über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität; von HH. H. Fizeau und E. Gounelle.*

(*Compt. rend. T. XXX. p.* 437.)

Bis in die neuesten Zeiten sind alle Versuche zur Erkennung der Geschwindigkeit, mit welcher die Elektricität sich fortpflanzt, vergeblich gewesen. Im Jahre 1834 beschrieb Hr. Wheatstone eine Methode, durch welche er, mittelst eines sehr rasch rotirenden Spiegels, diese Geschwindigkeit veranschaulichen und schätzen konnte[1]). Nach Hrn. Wheatstone pflanzt sich die Elektricität in einem Kupferdraht mit der Geschwindigkeit von 460 000 Kilometer in der Sekunde fort, eine Geschwindigkeit anderthalb Mal so groſs als die des Lichts. Im Jahre 1849 machte Hr. Walker in Amerika neue Versuche über diesen Gegenstand. Die Versuche wurden unternommen, um die elektrischen Telegraphen zur Bestimmung geographischer Längen-Unterschiede zu benutzen; sie ergaben eine weit geringere Fortpflanzungsgeschwindigkeit als Hr. Wheatstone gefunden hatte, nämlich nur 18700 engl. Meil. oder 30 000 Kilometer, also eine 15 Mal kleinere Zahl als die vorhergenannte. Wiewohl Hr. Walker's Methode mehrfachen Einwürfen ausgesetzt ist, so läſst sich doch nicht unschwer erkennen, daſs seine Versuche eine ganz andere Geschwindigkeit ergaben als die von Hrn. Wheatstone.

Die Untersuchungen, die den Gegenstand dieser Abhandlung bilden, beruhen auf einer anderen Methode als die beiden vorhergehenden. Ihr Princip besteht darin, daſs man einen Strom gleichzeitig und in sehr kleinen Zwischenzeiten an zwei sehr entfernten Punkten des Leiters unterbricht und die in einem Galvanometer erzeugten Ablenkungen beobachtet; letztere verändern sich mit der Zahl der Unterbrechungen, werden für eine gewisse Zahl ein Maximum und für eine andere ein Minimum.

1) Ann. Bd. 34, S. 464.

Diese Versuche wurden an den Drähten der elektrischen Telegraphen von Paris nach Rouen, und von Paris nach Amiens angestellt. Die beiden Drähte jeder dieser Linien konnten zu Rouen und zu Amiens vereinigt werden, und bildeten sodann Leiter von aufserordentlicher Länge, deren Enden in einem und demselben Saale des Ministeriums des Innern ausliefen. Für die Linie nach Amiens betrug die Länge 314 Kilometer, für die nach Rouen 288. Die erstere war aus Eisendrähten construirt, die zweite zu einem Drittel etwa aus Eisendraht und zu zwei Dritteln aus Kupferdraht. Diefs war für unsere Untersuchungen ein sehr glücklicher Umstand, indem er uns zu erkennen erlaubte, dafs die Geschwindigkeit nicht gleich ist in verschiedenen Leitern.

Die Unterbrechungen wurden auf folgende Weise hervorgebracht. Ein hölzernes Rad von 50 Millimetern hatte auf seinem Umfang 36 gleiche Abtheilungen, abwechselnd 18 von Platin und 18 von Holz; es safs auf der Axe einer Froment'schen Rotationsmaschine, deren Geschwindigkeit ein Zähler zu messen erlaubte. Platinplatten, die paarweise und isolirt von einander angebracht waren, legten sich gegen die Abtheilungen, so dafs jedes Paar einen Unterbrecher für sich bildete. Die einen und die anderen konnten so geregelt werden, dafs die Unterbrechungen zusammenstimmten oder abwechselten. Der Versuch wurde auf mehrere Weisen eingerichtet. Die beste bestand darin ein Differential- oder Bifilar-Galvanometer und drei Unterbrecher *A*, *B*, *C*, anzuwenden. Diese letzteren sind so eingerichtet, dafs *A* mit *B* abwechselt und mit *C* übereinstimmt.

Es sey nun eine Batterie verbunden an dem einen Pole mit der Erde, und an dem anderen mit *A* und darauf mit dem Telegraphendraht. Da die Drähte an dem anderen Ende der Leitung mit einander verknüpft sind, so kommt der Strom in dem anderen Draht zurück; letzterer steht in Verbindung mit *B* und *C*, jedes von diesen mit einem der Galvanometerdrähte und endlich jeder dieser Drähte mit

der Erde. Der Strom kann sich also auf zwei verschiedenen Wegen, die abwechselnd offen und verschlossen sind, zur Erde begeben und, je nachdem der Durchgang durch den einen oder andern geschieht, wird die Magnetnadel in entgegengesetztem Sinne abgelenkt. Während der Rotation des Rades gehen nur discontinuirliche Ströme durch das Galvanometer; allein aus den Versuchen des Hrn. Pouillet ist bekannt, dafs wenn die Unterbrechungen rasch auf einander folgen, die Nadel in derselben Weise wie durch einen stetigen Strom abgelenkt wird. Bei dieser Einrichtung wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit angezeigt durch periodische, den mehr oder weniger grofsen Rotationsgeschwindigkeiten entsprechende, Veränderungen in den Ablenkungen. Allein die Perioden sind nicht ganz ähnlich, die zweite ist weniger markirt als die erste, die dritte ist kaum bemerkbar. Für die Linie nach Amiens erfolgte die erste Periode bei einer Geschwindigkeit von 9 Umläufen in der Sekunde, für die Linie nach Rouen bei einer von 13,58 Umläufen.

Die nach dieser Methode gemachten Versuche führten zu folgenden Schlüssen.

1. In einem Eisendraht von 4 Millimeter Durchmesser pflanzt sich die Elektricität mit einer Geschwindigkeit von 101 710 oder rund 100 000 Kilometer pro Sekunde fort.

2. In einem Kupferdraht von 2,5 Millimeter Durchmesser beträgt diese Geschwindigkeit 177 722 Kilometer oder rund 180 000.

3. Die beiden Elektricitäten pflanzen sich mit gleicher Geschwindigkeit fort.

4. Die Anzahl und die Natur der Elemente, aus denen die Batterie besteht, folglich die Spannung der Elektricität und die Intensität des Stroms, haben keinen Einflufs auf die Geschwindigkeit der Fortpflanzung.

5. In Leitern von verschiedener Natur ist die Geschwindigkeit nicht proportional dem Leitungsvermögen.

6. Wenn discontinuirliche Ströme sich fortpflanzen in einem Leiter, so erleiden sie eine Diffusion, vermöge welcher

sie

sie am Orte der Ankunft einen gröfseren Raum einnehmen als an dem des Ausgangs.

7. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit scheint sich nicht mit dem Querschnitt der Leiter zu verändern; unsere Versuche lassen uns diesen Satz für sehr wahrscheinlich halten.

8. Wenn dieser Satz richtig ist, so verändert sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur mit der Natur der Leiter, und die Zahlen, welche wir gegeben haben, stellen die absoluten Geschwindigkeiten in Eisen und Kupfer dar.

X. *Ueber die Geschwindigkeit des elektrischen Stroms in einer metallischen Leitung; von O. M. Mitchel,*

Director der Sternwarte zu Cincinnati[1]).

Die Maschinerie, welche gegenwärtig auf der Sternwarte in Cincinnati zur Verwandlung von Zeit in Raum benutzt wird, liefert durch Aufzeichnung der kleinsten Zeittheile die Mittel zur Ausführung der feinsten Versuche. Die Sternuhr ist so eingerichtet, dafs sie ihre Pendelschläge auf eine Metallplatte überträgt, die unter einer aufzeichnenden Stahlfeder von fester Stellung rotirt. Die Scheibe, welche die Metallplatte trägt, rotirt mit gleichförmiger Geschwindigkeit und empfängt, ohne in ihrer Bewegung gestört zu werden, die Stöfse der aufzeichnenden Feder. Eine zweite Feder, direct der ersten gegenüber angebracht, steht unter der Controle des Beobachters am Mittagsrohr oder anderen Instrumente, und giebt ihm die Mittel, jede beobachtete Erscheinung mit all der Genauigkeit aufzuzeichnen, mit wel-

1) Aus: *The astronomical Journal*, *No.* 2, einer neuen von Hrn. B. A. Gould zu Cambridge, in Massachusets, herausgegebenen Zeitschrift. — Bis auf den aufserwesentlichen Schlufs ist dieser Aufsatz hier vollständig und möglichst sinngetreu wiedergegeben; etwaige Unverständlichkeiten fallen nur dem Original zur Last. P.

cher das Auge den Moment des Eintretens derselben erfassen kann.

Vor einigen Monaten, nach Vollendung dieser Maschinerie, richtete sich meine Aufmerksamkeit auf die Geschwindigkeit elektrischer Ströme in Telegraphendrähten und im Erdboden, da dieselbe mit in die Bestimmung von Längen-Unterschieden durch telegraphische Signale eingeschlossen ist.

Am Abend des 12. Novembers (1849) wurde auf der Sternwarte eine Reihe von Versuchen gemacht, um die Geschwindigkeit der Fortpflanzung einer elektrischen Welle in Telegraphendrähten zu bestimmen.

Die zu diesen Versuchen dienende Leitung war folgende. Von der Hauptbatterie in O'Rielly's Telegraphenstation in Cincinnati ging ein Draht zu der eine engl. Meile entfernten Sternwarte und von hier nach Pittsburg; von dort kehrte ein zweiter Draht in die Sternwarte zurück, ging zu einem Elektromagnet (*receiving magnet*) und endete im Erdboden, mit dem auch die Hauptbatterie in Cincinnati verbunden war.

Die Anstellung der Versuche geschah folgendermafsen. Die Sternuhr war so eingerichtet, dafs ihr Pendel eine in der Sternwarte befindliche Kette (*local circuit*) schlofs, welche auf die *Zeitfeder* (*time pen*) wirkte und somit die abwechselnden Pendelschläge oder Sekunden auf eine Metallplatte aufzeichnete, die auf der schon beschriebenen Scheibe lag. Diese Vorrichtung blieb im ganzen Laufe der Versuche unverändert, weshalb jene Feder von nun an *Normalfeder* (*standard pen*) heifsen mag.

Ein Elektromagnet (*receiving magnet*) dient zum Schliefsen einer andern örtlichen Kette (an Kraft und Länge der ersteren gleich), die auf die *Beobachtungsfeder* (*observation pen*) wirkte, und veranlafste, dafs sie mit ihrer Spitze in die Metallplatte stiefs.

Auf diesen Elektromagnet wirkte, nach Belieben des Beobachters, entweder eine örtliche Kette, welche durch einen metallischen Ansatz der Normalfeder geschlossen

wurde, oder die grofse nach Pittsburg führende Kette von sechshundert und sieben engl. Meilen Drahtlänge.

Bei diesen Verbindungen wurden, wie zu ersehen, die Pendelschläge direct durch die Normalfeder aufgezeichnet. Sie wurden aber auch aufgezeichnet durch die *veränderliche Feder* (wie ich kurz die zweite nennen will), bewegt von der Normalfeder, die entweder eine kurze örtliche Kette durch den Elektromagnet, oder die lange Pittsburg-Kette durch denselben Elektromagnet schlofs, indem dieser Elektromagnet, wie zuvor angegeben, die auf die veränderliche Feder wirkende örtliche Kette schlofs.

Wenn die veränderliche Feder durch die kurze örtliche Kette angetrieben wurde, so folgte dem Aufzeichnen der Normalfeder das der veränderlichen Feder innerhalb eines Zeit-Intervalls, welches gleich war der Armatur-Zeit (*armature time*) der Normalfeder, vermehrt um die Armatur-Zeit des Elektromagnets und die Fortpflanzungszeit der Elektricität (*wave time of the fluid*) durch die kurze Kette und den Elektromagnet, welche Zeit natürlich unmerklich war.

Wirkte dagegen die lange Kette auf den Elektromagnet und durch diesen auf die veränderliche Feder, so folgte die letztere der Normalfeder innerhalb eines Zeitraums, der gleich war dem vorhergehenden, vergröfsert um die Zeit, welche der elektrische Strom zum Durchlaufen des sechshundert und sieben engl. Meilen langen Drahts gebrauchte.

Dieses ist jedoch nur richtig 1. wenn die Intensität der örtlichen und der langen Kette gleich ist, und 2. wenn die Ajustirung des Elektromagnets constant, und sein Gang (*pass*) auf ein Minimum reducirt ist.

Diese beiden Bedingungen sind erfüllt, sobald die beiden Federn in ihrer Lage zu einander so ajustirt sind, dafs zwei von ihnen auf der Scheibe gemachte entsprechende Tüpfel, bei Ruhe der Scheibe, auf einem und demselben Radius liegen. Dann wird der Winkelabstand (*intervall*) zwischen den Tüpfeln (*records*) der beiden, durch eine kurze und eine lange Kette angetriebenen Federn, verrin-

gert um den Abstand zwischen den Tüpfeln, wann die veränderliche Feder durch die kurze Kette angetrieben wird, die Zeit vorstellen, welche die elektrische Welle zum Durchlaufen der sechshundert und sieben engl. Meilen Draht gebraucht.

Ich will nun zeigen, wie wichtig die strenge Erfüllung der drei Bedingungen sey:

1. die Intensität der langen und kurzen Kette, welche durch den Elektromagnet auf die veränderliche Feder wirken, gleich zu machen;

2. den Gang (*pass*) des Elektromagnets auf das Minimum zurückzuführen und ihn unverändert zu halten;

3. die beiden Federn so zu stellen, dafs ihre Tüpfel bei ruhender Scheibe genau auf einem Radius liegen.

Um den Einflufs der Intensität und des Ganges zu ermitteln, wurden folgende Versuche angestellt. Nachdem die Verknüpfungen in der zuvor beschriebenen Weise vollzogen worden, wurden von den beiden Federn vier Kreise von Sekunden-Tüpfeln (*second-dots*) unter folgenden Umständen gemacht:

1. ganze Kraft der Batterie, Gang des Elektromagnets ein Minimum;

2. ganze Kraft der Batterie, Gang des Elektromagnets ein Maximum;

3. halbe Kraft, Gang ein Maximum;

4. halbe Kraft, Gang ein Minimum.

Die Zeit zwischen dem Niederstofsen der Normalfeder und dem späteren der veränderlichen Feder betrug

im ersten Fall	0'',091 [1])
- zweiten -	0 ,2628
- dritten -	0 ,310
- vierten -	0 ,104.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dafs die Ajustirung des Elektromagnets Veränderungen in den Angaben erzeugt,

1) Es ist der Mittelwerth von 10 Versuchen, die einzeln folgende Resultate ergaben: 0'',091; 0,092; 0,090; 0,090; 0,091; 0,091; 0,090; 0,092; 0,092; 0,091.

die weit gröfser sind als die Fortpflanzungszeit in der längst möglichen Kette. Und ebenso erhellt, dafs der Einflufs der verschiedenen Intensitäten einen Fehler von solcher Gröfse veranlafst, dafs alle Versuche nutzlos würden, von welchen dieser Einflufs nicht strenge ausgeschlossen wäre.

Es waren nun zwei Schwierigkeiten zu überwinden. Man mufste die Batterien auf Gleichheit reduciren und einen Beweis haben, dafs diese Gleichheit erreicht sey. Um diefs zu erlangen, wurde folgendermaafsen verfahren. Die Henkel (*handles*) der Federn waren elastisch und vibrirten bei jedem Niederstofs derselben. Die Hälfte der Dauer dieser Vibration ist, wie man später sehen wird, die Armatur-Zeit. Nun fand sich die Armatur-Zeit als abhängig von der Intensität der Ströme, die auf den Elektromagnet wirkten. Die Kraft der örtlichen Batterie wurde daher verstärkt oder geschwächt, bis die Armatur-Zeit, wie es die beiden Ketten aufzeichneten, von gleichem Werthe war. Die Feder war so ajustirt, dafs dem ersten Tüpfel immer der zweite oder Vibrations-Tüpfel folgte, welcher bei jeder Aufzeichnung deutlich von der Feder angegeben wurde.

Nach Ueberwindung dieser Schwierigkeit wurden die Federn so ajustirt, dafs sie, auf der ruhenden Scheibe, radial liegende Tüpfel machten. Es ergab sich hiernach, dafs diese Ajustirung in dem gröfsten der aufgezeichneten Kreise bis auf 0",011 unsicher war. Der absolute Raum, auf alle übrigen Kreise übertragen und genau gemessen, gab die erforderliche Berichtigung.

Als alle Vorrichtungen vollendet waren, wurden die örtlichen Verknüpfungen Hrn. Henry Twitchell übergeben, während Hr. Stager, von O'Riellys Telegraphenstation in Cincinnati, die entfernten Verknüpfungen besorgte.

Der Abend war heiter und windstill, warm für die Jahreszeit. Hr. Stager berichtete, die Linie sey in vortrefflichem Stande. Der Gang des Elektromagnets war auf sein Minimum gebracht, und die Stärke der langen und kurzen

Batterie war gleich, wie es die Gleichheit der aufgezeichneten Armatur-Zeiten ergab.

Um 9″58′ stiefsen die Federn zugleich auf die Metallplatte, während die lange Kette auf die veränderliche Feder wirkte. Ich untersuchte die Platte, um zu sehen, ob die Aufzeichnungen gerathen seyen, und fand die Tüpfel in der schönsten, zartesten Weise in das Metall eingeschlagen. Am Schlusse des ersten Kreises von Tüpfeln, welcher genau 60 Sekunden einnahm, wurde das Zeichen zum Wechseln gegeben, und, aufs Wort, die lange Kette ausgehoben und dafür die kurze örtliche Kette eingeschaltet. Dieser Austausch wurde von Hrn. Stager mit solcher Geschicklichkeit ausgeführt, dafs nicht eine Sekunde verloren ging.

Auf diese Weise wurden fünf Kreise aufgezeichnet, drei mit der langen und zwei mit der kurzen Kette. Das Ohr konnte zuweilen den Uebergang von der langen zur kurzen Kette mit Schwierigkeit erkennen, allein nach vielen Versuchen fand sich, dafs diefs Organ nicht zuverlässig sey. Die Verwandlung von Zeit in Raum auf der Scheibe gab uns jedoch Gelegenheit, die Ablesung der zartesten Zeichen zu einer hohen Vollkommenheit zu bringen.

Hr. Twitchell hat alle Messungen mit dem von mir zum Messen kleiner Winkelräume erfundenen Instrumente ausgeführt. Dasselbe läfst noch 0,001 Zeitsekunde ablesen. Die Scheibe arbeitet während des ganzen Versuchs in der bewundernswürdigsten Weise; die Zeichen lagen radial vom Centrum aus und bewiesen somit die Gleichförmigkeit ihrer Bewegung.

Die Messungen ergaben als Mittel der Zeitintervalle folgende Werthe, nebst ihren Berichtigungen (*B*) wegen nichtradialer Stellung der Federn:

		B:	Berichtigt:
No. 1 lange Kette [1]	=0″,0568	— 0″,0110	=0″,0458
No. 2 kurze -	=0 ,0399	— 0 ,0145	=0 ,0254

1) Für die beiden ersten Mittel giebt auch Hr. M. die Resultate der einzelnen Messungen, 30 an der Zahl, deren extreme Werthe: 0″,050 und 0″,61 für No. 1 und 0″,041 und 0″,036 für No. 2 betragen.

		B:	Berichtigt:
No. 3 lange Kette	=0",0633	—0",0165	=0",0468
No. 4 kurze -	=0 ,0444	—0 ,0195	=0 ,0249
No. 5 lange -	=0 ,0682	—0 ,0215	=0 ,0467

Aus dem Vergleich dieser Werthe ergiebt sich die Fortpflanzungszeit im sechshundert und sieben engl. Meilen langen Draht:

		Abweichung vom Mittel:
No. 1—No. 2	=0",0204	0",00088
No. 1—No. 4	=0 ,0209	0 ,00038
No. 3—No. 2	=0 ,0214	0 ,00014
No. 5—No. 4	=0 ,0219	0 ,00064
No. 5—No. 2	=0 ,0213	0 ,00002
No. 5—No. 4	=0 ,0218	0 ,00052
Mittel	0",02128.	0",00043.

Das Mittel giebt eine Geschwindigkeit von 28524 engl. Meilen in der Sekunde [1]).

IX *Ueber thermo-elektrische Erscheinungen an gleichartigen Metallen; von F. C. Henrici.*

Die Erfahrungen über die thermo-elektrischen Erscheinungen an gleichartigen Metallen, welche ich im Folgenden mitzutheilen mir erlaube, sind die Frucht einer langen Beschäftigung mit diesem Gegenstande. Gleich im Beginn derselben habe ich die Nothwendigkeit erkannt, bei allen Versuchen über diese Erscheinungen sehr mäfsige Erwärmungen anzuwenden, und nicht nur chemische Veränderungen der Oberfläche, sondern auch Veränderungen im inneren Gefüge der Metalle zu verhüten, welche beide nach meinen Erfahrungen den gröfsten Einflufs auf die zu untersuchende Erscheinung haben und schon bei Temperaturen eintreten

1) Also auch sehr verschieden von den Angaben Wheatstone's, Fizeau's und Walker's, welcher Letzterer übrigens einen Eisendraht benutzte (Steinheil, Astron. Nachr. No. 679), während Hr. Mitchel das Material seines Drahts nicht angiebt. P.

können, die keineswegs sehr hoch zu nennen sind. Deshalb ist es auch nothwendig, die unmittelbare Berührung der zu erwärmenden Metallstücke mit der Wärmequelle zu vermeiden. Durch folgende einfache Einrichtung glaube ich zu einer reinen Darstellung der Erscheinung gelangt zu seyn.

Auf einem mit Leinölfirnifs überzogenen Holzstück *A* Fig. 16 Taf. II. werden die Metalle, welche ich am liebsten in Form von Drähten von nicht über 2 Millimeter Dicke oder von schmalen zugespitzten Streifen anwende, vermittelst eines aufzuschraubenden dünnen Holzplättchens *n* befestigt. Die Drähte oder Streifen, welche bei *a* mit dem Galvanometer in Verbindung gebracht werden, sind bei *b* winklich gebogen, und ihre Endflächen *c*, welche ich gewöhnlich auf einer matten Glasplatte abgeschliffen, auch wohl mit frischen Bruchflächen angewendet habe, unter leichter Federung mit einander in Berührung zu bringen und das Ende eines dünnen Messingstreifens *o* aufzulegen, durch welchen die Erwärmung einer beliebigen Stelle des einen Drahts etc. vermittelt wird, indem unter denselben, auch wieder an einer beliebigen Stelle *o*, ein kleines Oellämpchen mit kurzer wohlbegränzter Flamme (deren Spitze den Streifen nicht berührt) geschoben wird. Eine solche Flamme ist sehr einfach mit den kleinen Nürnberger Dochten in Holzscheibchen, welche zu Nachtlichtern gebraucht werden, darzustellen. Hat man nun den völligen Ruhestand der Galvanometernadel, abgewartet, so sieht man dieselbe mehr oder weniger bald nach dem Unterschieben des Lämpchens in eine bequem zu beobachtende langsame Bewegung gerathen und zuletzt bei einer bleibenden Ablenkung zur Ruhe kommen. Bei dieser Einrichtung bedarf man keiner besonders langen Drähte etc.; man kann die erfolgende Wirkung vom ersten Augenblicke an genau beobachten und auch nach Belieben stärkere und schwächere Erwärmungen anwenden. Für die gehörige Reinigung der Drähte etc. ist immer gesorgt worden; es scheint jedoch wesentlich nur auf die Reinheit der Berührungsflächen an-

zukommen. Die Ergebnisse meiner Versuche sind in folgender Tafel zusammengestellt, worin ein von dem erwärmten Ende unmittelbar zum kalten übergehender Strom *positiv* genannt ist.

	Metalle.	Stromrichtung.	Ausweichung d. Galvanometernadel.
1.	Kupfer, in Drähten	positiv	3°, 4°
2.	Messing, do.	do.	5°, 4°
3.	Silber, in Drähten (von gewöhnl. Thalern, kupferhaltig)	positiv	3°, 1°
	Dieselben Drähte, beide geglüht	do.	4°, 3½°
4.	Silber, in Drähten (von den feinsten hanöverschen Thalern, sehr rein)	negativ	2°, 3°
	Dieselben Drähte, beide geglüht	do.	1°, 1°
5.	Zinn, in Drähten	positiv	3½°, 2°
6.	Kadmium, do.	do.	2°, 1½°
7.	Platin, do.	do.	5°, 4°
	Dasselbe, do. geglüht	do.	7°, 6°
8.	Gold, do.	do.	5°, 5½
9.	Neusilber, do.	do.	6°, 7°
10.	Nickel, in Streifen	do.	13°, 14°
11.	Zink, do.	negativ	11°, 12°
12.	Zink, in Drähten	do.	14°, 16°
13.	Eisen, do.	do.	15°, 16°
14.	Antimon, in dünnen Stangen	do.	20°, 20°
15.	Wismuth, do.	do.	40°, 50°
16.	Blei, in Drähten		0°
17.	Quecksilber		0°

Zu den beiden letzten Angaben bemerke ich Folgendes. Das Blei wurde in den Drähten von verschiedener Dicke versucht und es wurden glänzende Berührungsflächen durch Abschneiden mit einem scharfen Messer dargestellt; ich konnte keine sichere Spur einer Wirkung erkennen. Das Quecksilber befand sich in einer Rinne *abc* Fig. 17 Taf. II. in Holz, deren halbe Länge *bc* 28 Centimeter be-

trug. Während bei *a* und *b* die Galvanometerdrahtenden eingesenkt waren, wurde neben *c* (einer kleinen Korkscheidewand) eine beliebig zu steigernde Erwärmung des Quecksilbers durch einen mit einem Ende eintauchenden winklich gebogenen und durch eine Weingeistflamme erhitzten Streifen von Eisenblech bewirkt. Bei der Entfernung des Korkstücks *c* habe ich nie eine Spur von Bewegung der Galvanometernadel bemerkt. Ob in dem Versuche von Vorsselman de Heer (Ann. Bd. 49, S. 121.), welcher das Gegentheil ergab, alle Fehlerquellen vermieden worden sind, vermag ich nicht zu beurtheilen. Die Schwierigkeit liegt übrigens ohne Zweifel nur in der Herstellung von Berührungsflächen, bei welchen auch nur auf sehr kurze Zeit die Continuität der Masse wirksam unterbrochen wäre. Eine gleiche Schwierigkeit scheint auch das Blei darzubieten.

Um die etwaige Wirkung einer beträchtlichen Ungleichmäfsigkeit in der Fortleitung der Wärme innerhalb eines Metallstücks zu untersuchen, habe ich Kupfer- und Eisendrähte durch die Seitenwand eines mit Schnee gefüllten Gefäfses (Fig. 18 Taf. II.) geführt und unmittelbar neben dem Austritt bei *o* erhitzt, aber nicht die geringste Wirkung wahrgenommen. Eine blofse Unregelmäfsigkeit in der Fortpflanzung der Wärme innerhalb der Körper kann also nicht die Ursache der in Rede stehenden thermo-elektrischen Erscheinungen seyn.

Für die thermo-elektrischen Erscheinungen bei ungleichartigen Metallen scheint man die Ansicht Becquerel's, dafs sie von einem ungleichen Wärmeausstrahlungsvermögen derselben herrühren, allgemein angenommen zu haben. Da es nun kaum wahrscheinlich ist, dafs die Ursache der thermo-elektrischen Erregung bei gleichartigen Metallen eine andere als bei ungleichartigen seyn sollte, so fragt sich, was sich zu Gunsten dieser Ansicht im vorliegenden Falle sagen lasse? Ich bemerke zunächst Folgendes.

Melloni hat nachgewiesen [1]), durch welche geringen Unterschiede in der physischen Beschaffenheit der Metalle

1) Ann. Bd. 45, S. 57; Bd. 53, S. 268.

(Härte, Gefüge etc.) Aenderungen ihres Strahlungsvermögens verursacht werden. Entsprechende Aenderungen erfolgen durch solche Unterschiede auch in der thermo-elektrischen Erregung, was die folgenden Erfahrungen deutlich zeigen.

Die beiden Messingsdrähte No. 2 der obigen Tafel gaben bei abwechselnder Erwärmung ihrer Enden *positive* Ströme mit Ablenkungen von 4° und 5°; nachdem sie in einer Weingeistflamme stark ausgeglüht und darauf mit Bimsstein ect. sorgfältig gereinigt worden, erfolgten bei abwechselnder Erwärmung *negative* Ströme mit Ablenkungen von 1½ und 3° [1]). Hierauf wurden die Enden der Drähte flach gehämmert und wieder gereinigt; bei der Erwärmung des einen Endes erfolgte ein *positiver* Strom von 3°, bei der Erwärmung des anderen Endes ein *negativer* Strom von 5½°. Als hierauf beide Drahtenden aufs Neue geglüht und gereinigt worden, erfolgten bei abwechselnder Erwärmung derselben zuerst *positive* Ablenkungen von ¼° und ½° und darauf (bei zunehmender Erwärmung) Umsetzung in *negative* Ablenkungen von 4° und 5°.

Von den Kupferdrähten No. 1 wurde das eine Ende (*a*) geglüht, das andere (*b*) nicht. Bei der Erwärmung von *a* erfolgte eine *positive* Ablenkung von 4°, bei der Erwärmung von *b* eine *negative* von 1°, dann umsetzend.

Von den Silberdrähten No. 4 wurde ebenfalls das eine Drahtende (*a*) geglüht, das andere (*b*) nicht. Erwärmung von *a* gab eine *positive* Ablenkung von 3° bis 4°, Erwärmung von *b* eine *negative* von 3°.

Ferner ist es kaum möglich zwei Drahtenden so homogen zu finden, dafs bei Erwärmung ihrer Berührungsstelle nicht eine thermo-elektrische Wirkung zu erkennen wäre. Sogar als die frischen Bruchflächen eines durchbrochenen Kupferdrahts mit einander in Berührung gesetzt wurden, brachte die Erwärmung der Berührungsstelle durch die äu-

1) Geglüht während fortgesetzter Berührung erfolgten, nach eingetretener Erkaltung und *ohne* Reinigung, bei abwechselnder Erwärmung negative Ströme von 20° bis 30° Ablenkung.

ſserste Spitze des scharf zugespitzten Messingstreifens eine zwar kleine aber deutliche Ablenkung der Galvanometernadel (von ungefähr $\frac{1}{2}{}^{0}$) hervor. So ist es auch leicht, durch mechanische Mittel (z. B. durch einen Schlag mit der Schärfe eines Hammers, durch einen Zangendruck, Feilstrich etc.) eine Drahtstelle so zu verändern, daſs eine Erwärmung neben derselben elektrische Ströme hervorruft.

Endlich habe ich Drähte von Kupfer, Messing, Platin, Zink, Neusilber, Eisen, Kadmium an beliebigen Stellen erwärmt und fast ohne Ausnahme Ablenkungen der Galvanometernadel, oft von mehren Graden, bald nach der einen, bald nach der andern Seite erhalten, so daſs ich mit der Spitze des Messingstreifens die wirksamen Stellen der Drähte, an welchen ohne Zweifel kleine Verschiedenheiten im inneren Gefüge vorhanden waren, sehr genau ausmitteln konnte. An dünnen Stangen von Antimon und Wismuth sind diese Wirkungen noch viel gröſser. Wird an einem Eisendraht eine kleine Stelle geglüht, so verhält sich diese wie ein anderes Metall.

Die groſse Bedeutung der inneren Structur der Metalle macht sich auffallend geltend in der Stärke und Richtung der auftretenden thermo-elektrischen Ströme, alle untersuchten Metalle von ausgebildeterer Structur gaben negative Ströme und gröſsere Ablenkungen als die andern positive Ströme gebenden Metalle.

Melloni bestreitet zwar bekanntlich eine innere Wärmestrahlung der Metalle [1]); aber seine Erfahrungen können auf die in Rede stehenden Erscheinungen wohl keine Anwendung finden. Man muſs es vielmehr für äuſserst wahrscheinlich halten, daſs im Innern der Körper wenigstens da, wo die Continuität der Masse irgendwie zerstört ist (wie bei Aenderungen im Gefüge), auch eine Störung in der Bewegung der Wärme, d. h. ein Uebergang durch Strahlung, stattfinde. Versucht man nun aber, die Erscheinungen speciell aus dem fraglichen Princip zu erklären, so zeigt sich sofort die Schwierigkeit der Erklärung der negativen

1) Ann. Bd. 65, S. 112.

Ströme. Es dürfte in der That kaum möglich seyn, bei dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse über die Bewegung der Wärme im Innern der Körper diesen Gegenstand befriedigend zu erörtern und namentlich zu der Einsicht zu gelangen, wie aus einer Aenderung in der Bewegung der Wärme eine Elektricitätsentwickelung entspringen könne. Ich dachte einen Augenblick, dafs die Annahme einer bei jeder Ausstrahlung zugleich stattfindenden Rückstrahlung ins Innere durch Reflexion an der Fläche, von welcher die Ausstrahlung erfolgt, verbunden mit der Annahme, dafs die Richtung der zum Vorschein kommenden elektrischen Ströme von dem Intensitätsverhältnifs beider Strahlungen abhängig und der Richtung der überwiegenden entgegengesetzt sey, zum Ziele führen könne; und in der That hätte man dabei den Metallen, welche negative Ströme geben, um diese zu erklären, nur eine gegen die Rückstrahlung überwiegende Ausstrahlung zuzuschreiben. Aber aus dieser Annahme ist die positive Stromrichtung, welche z. B. alle Combinationen von Wismuth mit andern negativen Metallen bei Erwärmung der Berührungsstelle geben, nicht zu erklären.

Für das Princip im Allgemeinen scheinen übrigens auch die sonderbaren Wechsel in der Richtung der elektrischen Ströme zu sprechen, welche man nicht selten bei steigender Erwärmung beobachtet und von welchen vorhin einige Beispiele angeführt wurden. Die auffallendste Erscheinung dieser Art habe ich an zwei Kadmiumdrähten beobachtet. Beide Drahtenden gaben, bei allmälig steigender Erwärmung, anfangs positive Ablenkungen von $1\frac{1}{2}^{\circ}$ und 2°, dann umsetzend negative Ablenkungen von 4° und 4°, dann wieder umsetzend positive Ablenkungen von 3°, und beim Abnehmen fanden sich beide Berührungsflächen völlig glänzend und anscheinend ganz frei von Oxyd.

Schliefslich erlaube ich mir noch, auf die constante Wirkung aufmerksam zu machen, welche auf alle von mir untersuchten Metalle das Ausglühen derselben äufsert; sie besteht darin, dafs die Metalle durch Ausglühen in der allgemeinen thermo-elektrischen Reihe dem Wismuth näher

gerückt werden. Dieses ergiebt sich eigentlich schon aus den bereits angeführten Beispielen, unzweideutiger aber noch aus anderen besonders angestellten Versuchen, bei welchen je zwei gleichartige Drähte, von denen der eine zuvor stark ausgeglüht worden, mit einander combinirt und an der Berührungsstelle erwärmt wurden. *In allen Fällen* war die Stromrichtung vom geglühten zum ungeglühten Drahtende und die Ausweichungen der Galvanometernadel betrugen bei Drähten von

Kupfer	3°	Neusilber	6°	Eisen	6°
Silber	3°	Gold	3°	Zink	14° [1]).
Messing	4°	Platin	5°		

Dieses Ergebnifs ist in sofern auffallend, als man im Sinne der besprochenen Hypothese nach Melloni's Ausstrahlungsversuchen das Gegentheil hätte vermuthen sollen, da man diesen zufolge von einer Dichtigkeitsverminderung, wie sie durch das Glühen eines durch den Drahtzug verdichteten Metalls bewirkt wird, eine Vergröfserung seines Ausstrahlungsvermögens zu erwarten hat, die Richtung der thermo-elektrischen Ströme bei ungleichartigen Metallen aber der Richtung der überwiegenden Wärmeausstrahlung entgegengesetzt ist.

Sehr beachtenswerth bleibt für jede Theorie die Thatsache, dafs die Eigenschaft der Metalle, bei der Combination mit gleichartigen positive oder negative Ströme zu geben, von ihrer Stelle in der allgemeinen thermo-elektrischen Reihe völlig unabhängig ist, und dafs also aus dem thermo-elektrischen Verhalten der Metalle für sich ihr Verhalten in der Combination mit anderen Metallen nicht gefolgert werden kann; so giebt z. B. Wismuth-Kupfer einen vom Wismuth zum Kupfer gehenden Strom bei Erwärmung der Berührungsstelle, während beide Metalle, jedes für sich, Ströme von entgegengesetzter Richtung geben.

1) Das ungeglühte Drahtende war gehämmert, um etwa seine Dichtigkeit dadurch zu vergröfsern im Gegensatz zum Glühen. Die obigen Ablenkungen wurden bei Erwärmung der Berührungsstelle durch den Messingstreifen erhalten. Unmittelbare Unterstellung des Lämpchens (*ohne Berührung* der Drähte mit der Flamme) gab viel gröfsere Ablenkungen.

XII. *Ueber die thermischen Eigenschaften des Turmalins; von Hrn. H. de Senarmont.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. XXVIII. p.* 279)

Der Turmalin befindet sich nicht unter den Krystallen des rhomboëdrischen Systems, welche ich in meiner Abhandlung über die Wärme-Leitungsfähigkeit krystallisirter Körper untersucht habe [1]). Ich konnte mir davon keine hinlänglich homogene Platte verschaffen. Der Querschnitt etwas grofser Krystalle zeigt nämlich immer zum wenigsten drei Individuen, die durch dicke Nähte in Form eines dreistrahligen Sterns vereinigt sind.

Seit jener Zeit experimentirte ich mit einer schönen Turmalinplatte von hellem, ins Grüne fallendem Meer-Algen-Blau, die, rechteckig, 32 auf 28 Millimeter hält und 1,75 Millimeter dick ist. Sie ist vollkommen durchsichtig, kaum absorbirend, und wenn man sie in polarisirtem Licht untersucht, indem man sie auf eine parallel der Axe geschnittene Quarzplatte (*Quartz parallèle*) von angemessener Dicke legt, so erweist sie sich vollkommen homogen, bis auf die äufsersten Ränder, wo man überdiefs kleine Flecke (*glaces*) bemerkt.

Bei der durch Schmelzung von Wachs auf dieser Platte hervorgebrachten Ellipse ist das Verhältnifs zwischen gröfstem und kleinstem Durchmesser gleich 1,27 und der letztere ist parallel der krystallographischen Axe.

Der Turmalin, ein repulsiver Krystall, kommt also durch seine thermischen Eigenschaften neben den gleichfalls repulsiven Krystallen, Idokras, Korund und Eisenglanz zu stehen.

XIII. *Kräftige Stahlmagnete; von W. M. Logeman.*

Hr. Mechanikus Logeman in Haarlem hat mir kürzlich, als Probe seiner Leistungen, einen von ihm nach Hrn. Elias's Angabe verfertigten Hufeisenmagnet verehrt, der sich durch

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXII. p.* 179 (Ann. Bd. 75, S. 50).

eine im Vergleich zur Stahlmasse ungemein grofse S
auszeichnet. Derselbe, aus einer einzigen Lamelle b
hend, wiegt nämlich nur 1,09 Pfund preufs. (0,5125
gramm) und besitzt eine constante Tragkraft von 31,5 P
preufs. (14,75 Kilogramm), eine Kraft, die mehr als
pelt so grofs ist, wie sie von der Haecker'schen Fo
$k = 10{,}33 \sqrt[3]{p^2}$ gefordert wird [1]).

Zugleich meldete mir Hr. L., dafs er im Stande
weit gröfsere Magnete von ähnlicher Stärke anzufert
Ich wurde dadurch veranlafst, Hrn. L. um Einsendung
nes Preiscourantes zu ersuchen, und da er diesen Wu
vor einigen Tagen erfüllte, so erlaube ich mir dense
hier zur Kenntnifs der Physiker zu bringen.

„**Preise der Hufeisenmagnete, nach Hrn. Elias's Angabe ve tigt und zu haben bei W. M. Logeman in Haarlem.**"

No.	Tragkraft.	Preis.	No.	Tragkraft.	Pr
1	25	10	5	150	[illegible]
2	40	17	6	200	12
3	80	42	7	300	17
4	120	78	8	400	24

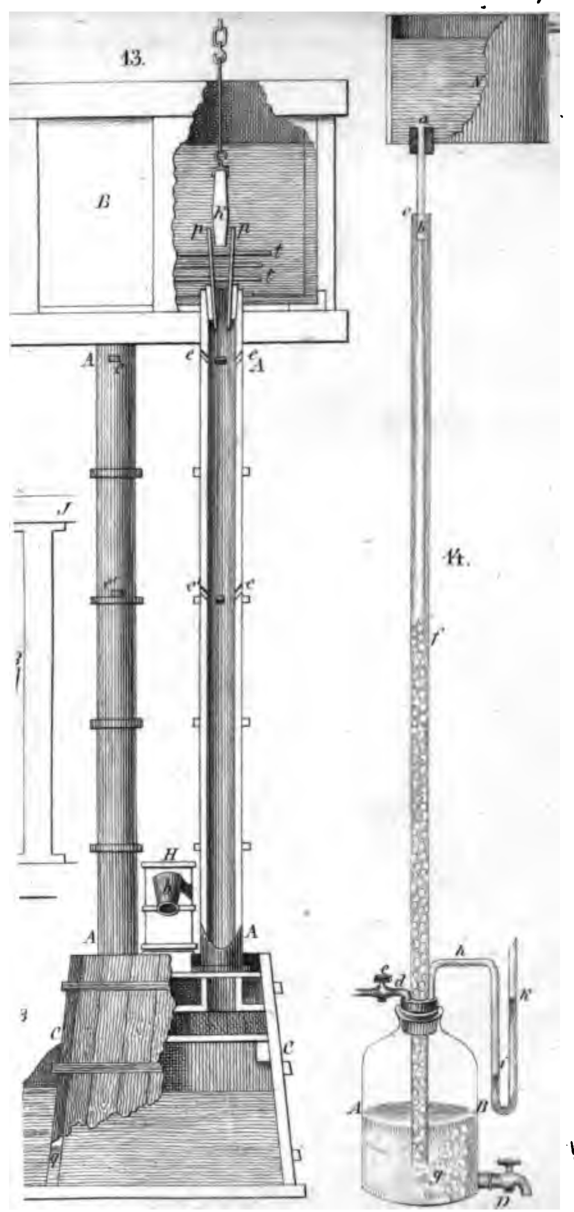
„Die Tragkräfte sind in Preufs. Pfunden angegeben
Preise in Holländ. Gulden, mit Verpackung".

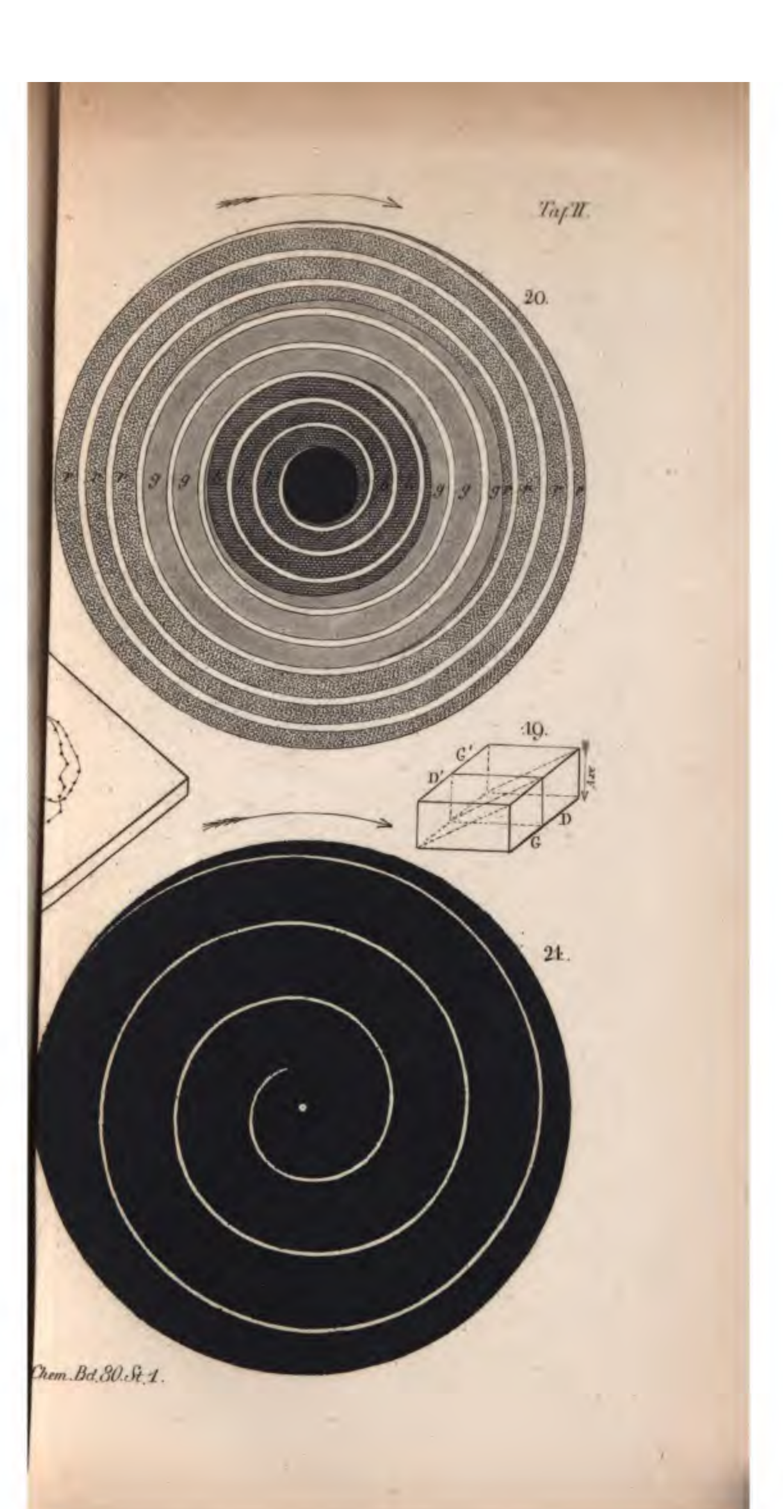
„Gerade Stäbe aller Art für magnetische Observat
von der nämlichen relativen Stärke wie die Hufeisen
nete, werden zu sehr billigen Preisen verfertigt".

Wie Hr. L. bemerkt, bestehen die beiden ersten Num
aus Einer Lamelle, No. 3, 4 und 5 aus drei, und die
letzten aus fünf Lamellen. Die angegebenen Tragk
sind constant, erhalten sich also noch nach wiederh
Abreifsen der Anker. Poggendor

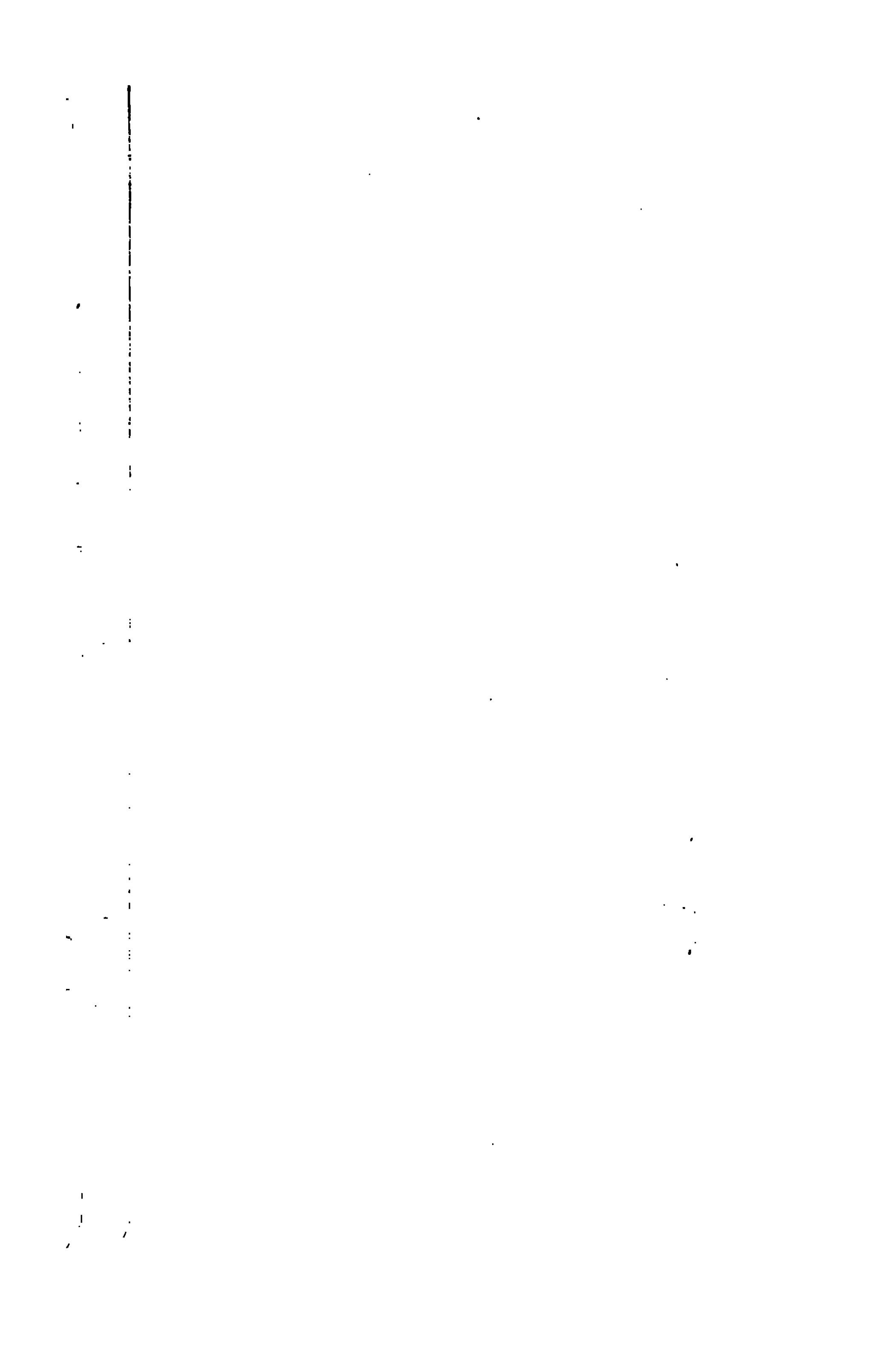
1) Ann. Bd. 57, S. 335. Bei Ankunft in Berlin besafs der Magnet
ganz die angegebene Tragkraft, vermuthlich aber nur, weil er bein
packen durch einen unglücklichen Fall eine Erschütterung erlitten
Ein Paar Striche mit einem kleinen Elektromagnet ersetzten den V
indefs vollständig.

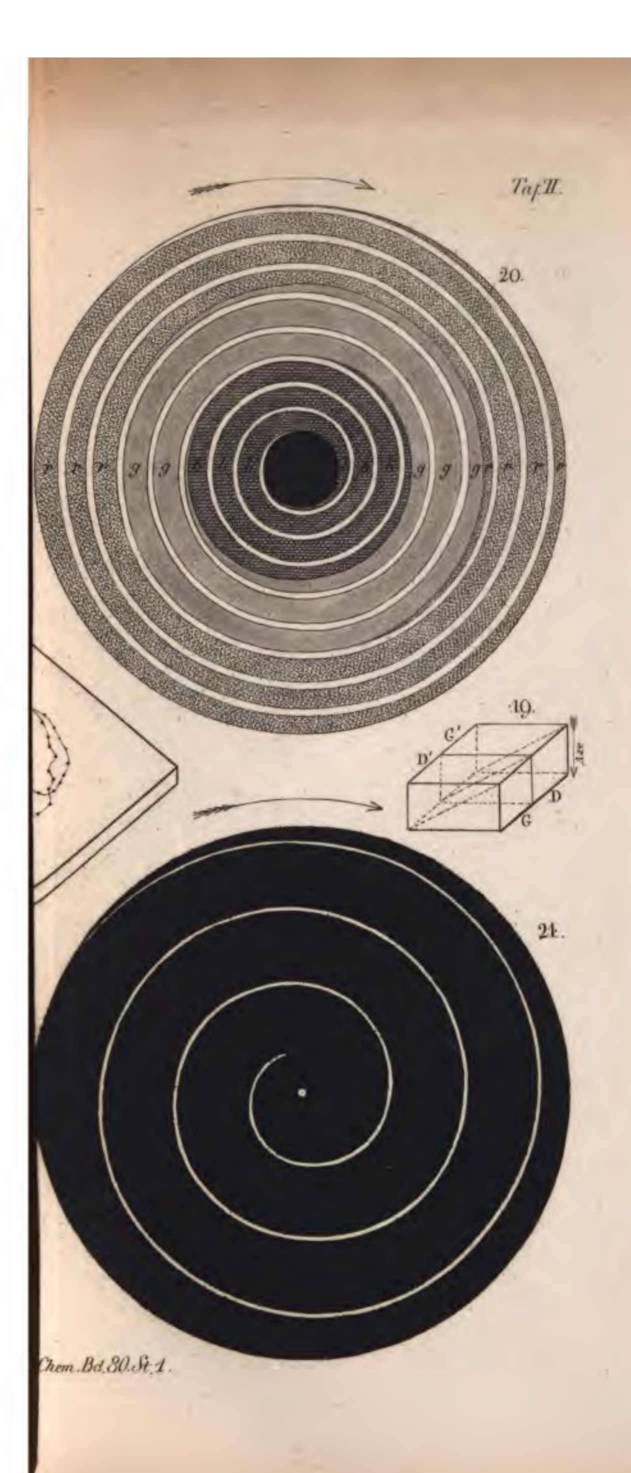
Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

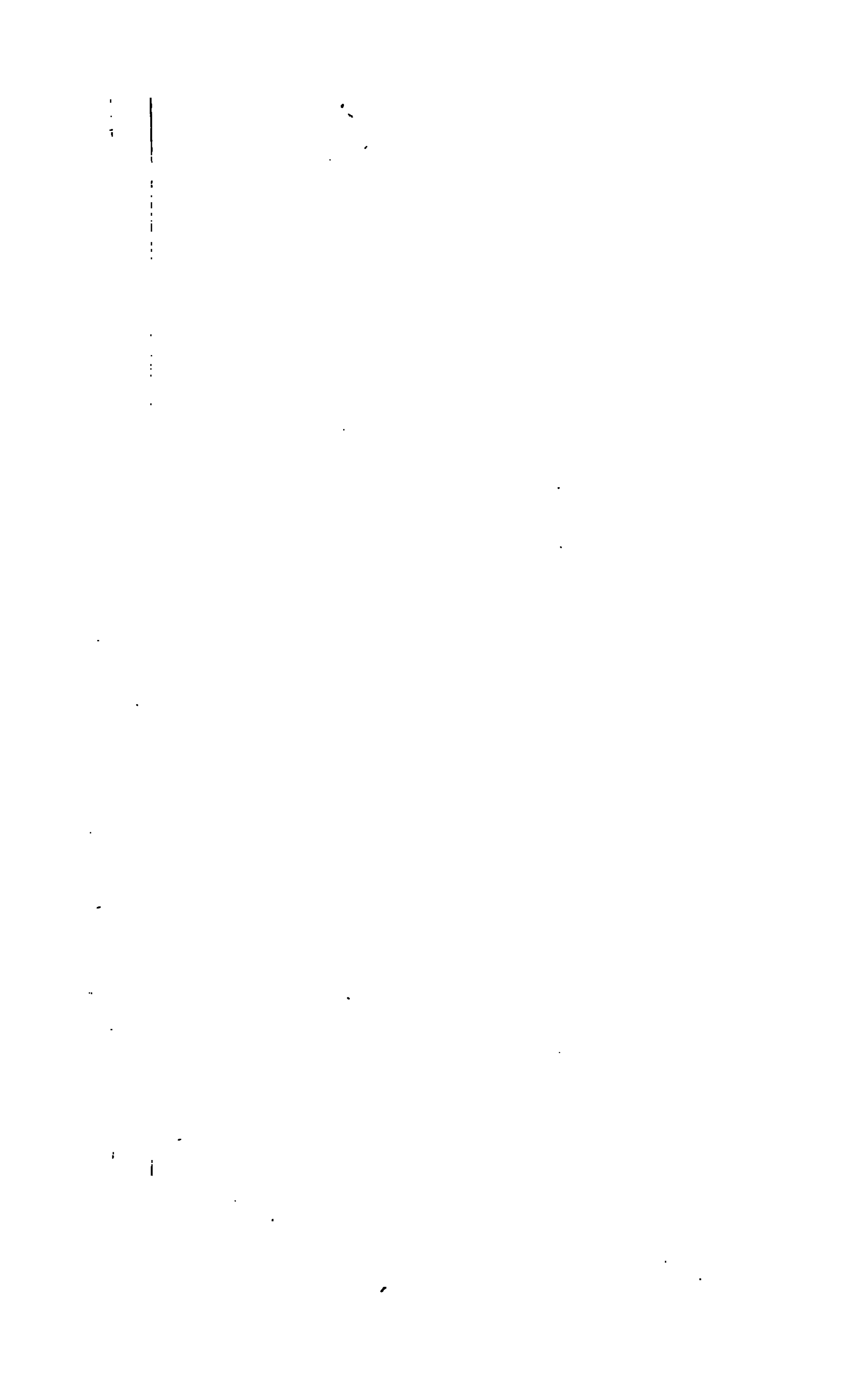

13.
B
k
p
p
t
t
A
e
e
A
J
e
e
H
h
A
A
C
C
g
14.
N
a
e
b
f
h
c
d
k
i
A
B
g
D



Taf. II.
20.
19.
G'
D'
Axe
D
G
21.




20.
r
r
r
g
g
k
k
k
k
g
g
g
r
r
r
19.
G'
D'
D
G
Axe
21.



1850. ANNALEN No. 6.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXX.

I. *Ueber die physikalischen Eigenschaften des Eises und deren Zusammenhang mit den vorzüglichsten Phänomenen der Gletscher;*
von Hermann Schlagintweit.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem nächstens bei J. A. Barth in Leipzig erscheinenden Werke: *Untersuchungen über die physikalische Geographie der Alpen*, von Hermann und Adolph Schlagintweit.)

Die Untersuchungen von Saussure und besonders die grofsen Reihen ausgedehnter Beobachtungen, welche in neuerer Zeit angestellt wurden, haben uns an den Gletschern mit einem unerwarteten Reichthum mannigfaltiger Erscheinungen bekannt gemacht. Wir dürfen dem Studium derselben wohl ein ganz allgemeines Interesse beilegen; es kann als ein Beitrag zur Monographie des Eises betrachtet werden, indem es uns die Eigenschaften dieses verbreiteten Körpers in grofsen und kleinen Massen und unter den verschiedensten äufseren Umständen erkennen läfst [1]).

1) Ich theile hier die gröfseren Arbeiten in chronologischer Ordnung mit. Simmler, *Valesiae et Alpium descriptio. Lugd. Bat.* 1632. — Scheuchzer, *Itinera alpina. Lugd. Bat.* — Gruner, die Eisgebirge des Schweizerlandes. Bern 1760. 3 Bde. 8°. (Diese drei sind ältere topographische Werke) — Saussure, *Voyages dans les Alpes. Neufchâtel* 1779—1796. 4 Bde. 4°. — Hugi, naturhistorische Alpenreisen. 1830. 8°. — Agassiz, *Etudes sur les glaciers. Neufchâtel* 1840. 8°. Uebersetzt unter dem Titel: Untersuchungen über die Gletscher. — Martins, *Observations sur les glaciers du Spitzberg comparés à ceux de la Suisse et de la Norvège. Bibl. univ. de Genève* 1840, *Tome* 28, *p.* 139. *Bullet. de la Soc. géol. de la Fr. XI. p.* 282. — Charpentier, *Essai sur les glaciers et le terrain erratique de la vallée du Rhône* 1841. 8°. — Hugi, über das Wesen der Gletscher und Winterreise in das Eismeer 1842. 8°. — Forbes, *Travels through the Alps of Savoy and other parts of the pennine chain with observations on the phenomena of glaciers.* Edinb. 1843. 8°. Uebersetzt von G. Leonhard. *Second edition*

In der vorliegenden Abhandlung werde ich von den Erscheinungen an Gletschern vorzüglich jene berühren, welche mit den physikalischen Eigenschaften des Eises in unmittelbarem Zusammenhange stehen.

Die Formen des zerfallenden Eises.

An allen der Atmosphäre ausgesetzten Theilen zerfällt das Gletschereis in einzelne Körner. Trennen wir ein gröfseres Stück Eis aus dem Gletscher nahe der Oberfläche, so wird es uns leicht, dasselbe in einzelne Theile zu zerlegen, die sich sogleich an ihren abgerundeten Flächen als Individuen, sehr verschieden von Bruchstücken, erkennen lassen.

Die Körner hängen ohne alles Bindemittel lose zusammen, sie sind durch kleine Zwischenräume getrennt, die bald mit Luft, bald mit Wasser erfüllt sind, wobei ihre Unebenheiten gelenkartig in einander eingreifen. Sie zeigen daher immer eine gewisse Verschiebbarkeit. Die Spitze eines Stockes in die Oberfläche eingedrückt, läfst sich dort leicht bewegen; zugleich ist dabei ein eigenthümliches Knarren des Eises hörbar. Ihre Gröfse ist sehr wechselnd. In den oberen Gletschertheilen, in der Nähe der Firnmeere, sind sie am kleinsten; ihr Volumen beträgt dort selten mehr als einen Cubikcentimeter. Ein Beispiel dafür ist *a* der Fig. 1; die Körner sind von jener Stelle, wo die Pasterze

Fig. 1.



Gletscherkörner; *a*. Pasterze; *b* und *c*. Vernagt. ½ nat. Gröfse.

1845 und viele Abhandlungen in James, Edinb. Journ. — Agassiz, Guyot et Desor, *Système glaciaire ou recherches sur les glaciers, leur mécanisme, leur ancienne extension et le rôle qu'ils ont joué dans l'histoire de la terre.* 1[re] *partie: Nouvelles études et expé-*

als Gletscher zuerst vom Firne sich unterscheiden läfst. Je weiter wir aber dem Ende des Gletschers uns nähern, desto gröfser werden sie. Die bedeutendsten, die uns vorkamen, beobachteten wir am See der Pasterze und an jenen losgerissenen Eisblöcken, welche der Ausbruch eines Gletschersees im Oetzthale mehr als eine halbe Meile von ihrem früheren Standorte entfernt hatte. Auf diese beiden Punkte beziehen sich die Körner *b* und *c* der vorhergehenden Figur. Der körperliche Inhalt dieser war im Maximum 6 bis 8 Cubikcentimeter [1]).

Diese Körnerstructur ist zwar nirgends deutlicher als an Gletschern, dort wurde sie auch zuerst erkannt; allein ich glaube ganz sicher gefunden zu haben, dafs sie auch an jedem anderen Eise unter günstigen Umständen auftritt. Ich weifs wohl, dafs diese Ansicht mit jener von anderen Beobachtern nicht übereinstimmt, welche eine absolute Verschiedenheit zwischen Gletscher- und Wassereis annehmen [2]). Allein schon 1829 haben Alexander von Humboldt und Gustav Rose auf ihrer Reise nach Rufsland ähnliche Formen bemerkt [3]). Auch Schmidt in Jena [4]) beobachtete die Absonderung des Eises in stänglichen Fragmenten, während Alexander Petzhold [5]) nach eigenen Versuchen in Gittersee bei Dresden auf die Analogie der Formen des Gletscher- und Wassereises zuerst hingewiesen hat.

riences sur les glaciers actuels et leur action physique sur le sol par *Louis Agassiz*. *Paris* 1847. 8⁰. — Ein ausführlicheres Verzeichnifs aller einzelnen Abhandlungen findet sich Agassiz Syst. pag. XIII — XXXI.

1) Diese Gröfsen wurden dadurch bestimmt, dafs die unmittelbaren Gypsmodelle derselben (siehe Seite 180) in wassergefüllte calibrirte Röhren gebracht wurden, und so das verdrängte Wasser unmittelbar abgelesen werden konnte.

2) Vergl. Agassiz, Syst. S. 150 Anmerk.

3) G. Rose mineralogisch geognostische Reise nach Rufsland etc. Bd. I. Seite 13.

4) Poggendorff's Ann. 1842, Bd. 55, S. 472 — 476.

5) Beiträge zur Geognosie von Tyrol. Leipzig 1843.

Für uns war vor allem ein ausführliches Vergleichen nothwendig. Wir benutzten zum Studium dieser Formen zwei stehende Gewässer in der Nähe von München: die Kanäle in Nymphenburg und den künstlich angelegten See des englischen Gartens. Wir mufsten sogleich die grofsen Schwierigkeiten kennen lernen, welche sich uns entgegenstellten, wenn wir die Formen und Structurverhältnisse des Gletscher- und Wassereises vergleichen wollten. Die blofse Anschauung kann nicht genügen, besonders wenn sie abhängig von den einzelnen Jahreszeiten durch so lange Zwischenräume getrennt ist; überdiefs ist das Eis durch seine Durchsichtigkeit für das Erkennen feinerer Einzelheiten und durch sein stetes Schmelzen für eine andauernde Untersuchung und ausgeführte Zeichnung sehr ungeeignet.

Es mufste daher sehr wichtig seyn, naturgetreue und bleibende Copien solcher Formen zu erhalten, was ich durch folgende Methode zu erreichen suchte. Aus Wachs und Terpenthin wurde eine sehr weiche, für die geringsten Eindrücke empfängliche Mischung zusammengesetzt, durch welche ich mir Abdrücke vom Eise verschaffte. Um durch die etwa höhere Temperatur des Cerates nichts von den feineren Formen zu zerstören, gebrauchte ich die Vorsicht, dasselbe vorher durch Umgeben mit Schnee und Eis auf beinahe 0° abzukühlen. Von den so erhaltenen negativen Bildern wurde an Ort und Stelle ein Abgufs aus feinem Gypse gemacht (Königsgyps) [1]), dessen Feinkörnigkeit für die Schärfe der Copien nichts zu wünschen übrig läfst.

Für Gletscherkörner und ähnliche Formen des Wassereises, bei denen mehr als eine Oberfläche zu erhalten war, unterstützte die Schmelzbarkeit des Originals die Genauigkeit des Abdruckes ungemein. Ich hüllte ein solches Stück rasch in das abgekühlte Wachs, welches fest angeprefst wurde, und liefs es nun liegen bis sein Inhalt in Wasser verwandelt war. Durch dieselbe kleine Oeffnung, durch welche

1) Diese feine Sorte ist leider nur in gröfseren Städten zu finden; wir waren daher gezwungen, jedesmal davon in die Alpen einen kleinen Vorrath mitzunehmen.

das Wasser entleert wurde, gofs ich den Gyps ein und vermied so das unangenehme Aufschneiden der Patrone, was so leicht eine Verzerrung des Bildes zur Folge hat [1]). Ich erhielt nach und nach eine Reihe von 76 verschiedenen Eisformen, theils Gletscher-, theils Wassereis, die nun unmittelbar neben einander gehalten, die Beurtheilung ihrer charakteristischen Einzelheiten ungemein erleichterten. Ich wählte aus denselben jene Formen, welche ich für die am meisten charakteristischen hielt, und habe sie auf der Tafel I. vereinigt. Dieselben wurden absichtlich nach diesen Gypsen und nicht nach der Natur entworfen, weil sich so eine weit gröfsere Genauigkeit und Sorgfalt der Ausführung erreichen liefs.

Die ersten Spaltenanlagen sehen wir dort an den verschiedenen Gegenständen dargestellt. No. 1 ist die Oberfläche eines Eisblockes der im Februar 1847 unter Schnee und kleinerem Eise gelegen hatte; No. 2 der Abdruck der Wand einer Gletscherspalte, nahe dem Firnmeere und No. 3 ist wieder Wassereis. Das letztere bildete einen leicht convexen Ueberzug von 1½ Centimeter Dicke über einen Stein in der Höhle des Marcellgletschers. Es war durch die öftere Bespülung des Gletscherbaches entstanden. Ueberall erstreckten sich feine Risse von dem Netze der Oberfläche auch in die Tiefe; No. 3 das dünnste Stück zerfiel bei der Berühnung in einzelne prismatische Fragmente. Diese Risse sind es, welche am Gletscher als Haarspalten bekannt sind; sie finden sich jedoch am Wassereise ebenso gut, die von ihnen eingeschlossenen Theile sind aber noch nicht das, was wir am Gletschereise Körner nennen wollen; die Haarspalten unterscheiden sich durch ihre geringe Weite sehr wesentlich von den Räumen, welche gewöhnlich die Gletscherkörner trennen. Da sie jedoch, wie wir sehen werden, den letzteren vorhergehen und sie bedingen, so müssen wir schon jetzt ihre Entstehung betrachten.

1) Zur besseren Erhaltung wurden die Modelle mit heifsem Stearin überzogen, und so lange erwärmt, bis dieser Ueberzug eingedrungen war. Sie wurden dadurch fester und erlaubten auch das Eintauchen in Wasser.

Befindet sich Eis in einer Temperatur von 0°, und folgt darauf eine bedeutende Erniedrigung, so zieht es sich zusammen [1]; und es ist für die folgenden Betrachtungen nicht unwichtig, dafs diese Volumenveränderung gröfser ist, als sie bei irgend einem anderen festen Körper beobachtet wurde.

Die lineare Ausdehnung beträgt für 1° C. $= 0{,}0000375 = \frac{1}{26700}$ [2]).

Bei einem langsamen Erkalten bleibt die Zusammenziehung allerdings gleichmäfsig; allein ist der Temperaturwechsel ein schnellerer, so wird das Eis bei einiger Dicke sich an allen Oberflächen rascher zusammenziehen als im Inneren und daher Risse erhalten, welche sich an der Oberfläche zu einem unregelmäfsigen Netze vereinen.

Als Unterstützung für die Annahme, dafs die Haarspalten durch Temperaturdifferenzen entstehen, darf auch die Richtung derselben angeführt werden. Sie gehen nämlich jedesmal von jener Oberfläche, welche der Kälte ausgesetzt ist, rechtwinklich gegen das Innere, und zwar so regelmäfsig, dafs sie, wenn die des Eises ein Cylinder ist, radienförmig gegen die Axe desselben convergiren, und denselben in keilförmige Stücke zerfallen machen. Um mich zu überzeugen, dafs die Richtung der Spalten von der ur-

1) C. Brunner in Poggendorff's Ann. 1845. Bd. 64. S. 115. *Annales de chimie et de physique t. XIV.* S. 378 und Struve, *Bull. Acad. St. Petersb.* 1845. *t. IV.* S. 170. Poggendorff's Ann. 1845. Bd. 66, S. 298.

Struve fand die Ausdehnung des Eises noch gröfser, nämlich 0,000052 für 1° C.

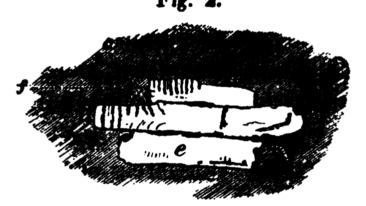
2) Zur Vergleichnng mögen folgende Ausdehnungscoëfficienten dienen:

Zink gehämmert	$= 0{,}0000311$	$= \frac{1}{32200}$	Smeaton.
Blei	$= 0{,}0000288$	$= \frac{1}{34600}$	Ellicot.
Kalkspath (nach der Hauptaxe)	$= 0{,}0000286$	$= \frac{1}{33900}$	Mitscherlich.
Zinn	$= 0{,}0000248$	$= \frac{1}{40700}$	Smeaton.
Silber	$= 0{,}0000208$	$= \frac{1}{48000}$	Troughton.
Messing (gegossen)	$= 0{,}0000188$	$= \frac{1}{53300}$	Lavoisier.
Eisen	$= 0{,}0000119$	$= \frac{1}{83800}$	Berthollet.
Glasstab	$= 0{,}0000081$	$= \frac{1}{123700}$	Roy.

(Nach Baumgartners Supplementband Seite 919—922.)

sprünglichen Lage, in welcher das Eis sich bildete, ganz unabhängig ist, brachte ich eine Eisplatte in eine solche Stellung, dafs ein Theil derselben *a* der Fig. 2., frei war, während ihr zweites Ende vom anderen Eise umgeben wurde. Obgleich die Kanäle im freien Theile ganz regelmäfsig verliefen, zeigten sie gegen *c* bedeutende Verkrümmungen, dadurch bedingt, dafs die Kälte von den Platten *d* und *e* nicht so gut zugeführt wurde als von der Atmosphäre. Auch an den Ecken, wie bei der Platte *d*, sehen wir nicht selten Unregelmäfsigkeiten, in diesem Falle von dem Einflusse der Fläche *f* herrührend.

Fig. 2.

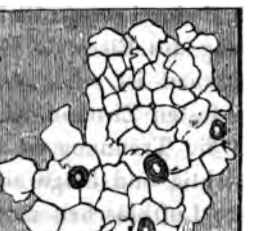


Stellung der Kanäle in horizontalen Platten.

Bei grofser Kälte dürfen wir nach diesen Voraussetzungen erwarten, dafs die Spalten häufiger sind, sich näher stehen, also an der Oberfläche ein engeres Netz bilden. Diefs ist in der That der Fall, und dehnt sich so weit aus, dafs unter solchen Umständen das Eis in kleinere Stücke zerfällt, als bei geringeren Extremen der Temperatur.

Man könnte vielleicht die Anlage des Spaltennetzes wenigstens an der Oberfläche nicht der Kälte, sondern gerade dem entgegengesetzten Umstande, dem Schmelzen in der Wärme zuschreiben, wenn man bedenkt, dafs das zu untersuchende Eis nicht ein einziges Krystallindividuum ist, sondern aus vielen einzelnen besteht, wobei die gröfseren vielleicht langsamer schmelzen als die kleineren. Es wäre dann diese Erscheinung jener nicht unähnlich, dafs die Oberflächen von Metallplatten von Säuren nicht gleichmäfsig angegriffen werden, sondern mannigfache Vertiefungen und Erhöhungen erhalten. Allein dieser Ansicht widerspricht die Fortsetzung

Fig. 3.



Erste Anlage d. Spaltennetzes durch die Loupe gesehen.

rechtwinkliger Risse in die Tiefe, die daraus nicht erklärt werden können, und die völlige Ordnungslosigkeit der Netze an der Oberfläche. Das letztere läfst sich am besten an den ersten Anfängen beurtheilen; ich theile daher das kleinste Spaltennetz mit, welches ich zu beobachten Gelegenheit hatte, Es ist unter achtmaliger linearer Vergröfserung gesehen, und war an einem dicken Blocke von Wassereis entstanden. An demselben waren vor dem Versuche alle Oberflächen dadurch erneuert worden, dafs wir ihn in einem Zimmer von + 16° C. bedeutend abschmelzen liefsen; er wurde dann während einer Nacht ins Freie gebracht, bei welcher die Temperatur auf — 11° C. sank; ich glaube nicht, dafs sich in diesen Linien irgend eine Regelmäfsigkeit erkennen läfst, die auf Zusammenhang mit Krystallformen hindeutete. (Die runden, dunkel eingefafsten Körper waren eingeschlossene Luftblasen).

Bei einer Abhängigkeit von den letzteren liefse sich auch erwarten, dafs Eis unter dem Mikroskope langsam schmelzend den Umrifs seiner Ränder ungleich veränderte, und einzelne Ecken oder Kanten sich bildeten; allein diefs findet nicht statt, sondern das Abschmelzen ist auch bei starker Vergröfserung ein ganz gleichmäfsiges.

Wir betrachteten bisher das Eis als eine ganz gleichartige Masse, welche sich unter dem Einflusse der Kälte spaltete; allein diefs können wir nur, so lange wir ihre Anlage nahe den Oberflächen betrachten. Bei dem weiteren Eindringen erleiden diese Spalten dadurch wesentliche Veränderungen, dafs der Zusammenhang des Eises an vielen Stellen durch Luftblasen unterbrochen ist. Bei dem Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand wird die vom Wasser absorbirte Luft frei; die Trennung ist so vollkommen, dafs selbst Eis aus vorsichtig und lange ausgekochtem Wasser noch immer einige Luftbläschen zeigt. Schon im gewöhnlichen Wassereise sind sie daher sehr zahlreich, noch mehr in jenem des Gletschers, welches aus Firnkörnern und infiltrirtem Wasser entstanden ist.

Diese Luftblasen wirken auf die Spalten in doppelter

Beziehung modificirend ein. Sie bestimmen den Ort ihrer Entstehung und theilweise auch ihre Richtung, indem gerade an jenen Stellen die Zerklüftung am leichtesten eintritt, wo der gleichartige Zusammenhang der Massen unterbrochen ist. Analoge Fälle finden sich aufser dem Eise an allen Körpern, z. B. an gegossenen Metallen, die Luftblasen eingeschlossen haben, an Glas, Porcellan u. s. w. Es werden demnach bei fortgesetzter Zerklüftung vor allem die Blasen nach verschiedenen Richtungen unter sich verbunden, und diesem Umstande ist es vorzüglich zuzuschreiben, dafs das Eis des Gletschers sich nicht nur in längliche, sondern auch fast cubische Stücke trennt.

Ein zweiter Einflufs der Luftblasen auf die Haarspalten besteht in der Veränderung ihrer Form. Sobald eine Haarspalte in eine Luftblase mündet, trifft sie an dieser Stelle eine bedeutende Erweiterung. Eindringendes Schmelzwasser und die gegenseitige Communication mehrerer Luftblasen durch Haarspalten machen, dafs bald kleine „Kanäle" entstehen, die in ihrer Form von den Haarspalten abweichen; sie nehmen vielmehr die Gestalt von vielen Kugeln an, die durch einen hohlen Cylinder zu einem gemeinschaftlichen, nicht vollkommen gleichartigen Ganzen verbunden sind. Am deutlichsten sieht man diefs an No. 4. der Taf. I.

Es ist das vorliegende Stück der Durchschnitt einer Reihe solcher Kanäle, wie wir sie am Wassereise an einer Stelle bemerkten, wo gerade viele derselben in einer Ebene lagen. Die letztere stand senkrecht auf der horizontalen Oberfläche der Eisdecke. Wenn solche Kanäle durch Aussaugen des Wassers an einem ausgehauenen Stücke mit Luft erfüllt werden, so erscheinen sie besonders bei jener Stellung des Eises sehr deutlich, in welcher eine totale Reflexion des Lichtes stattfindet. Gewöhnlich verschwinden sie unter der Einwirkung zu grofser Wärme beinahe unmittelbar nach ihrem Entstehen, und machen sich nur durch ihren Einflufs auf die Bildung der Kanäle bemerkbar.

Wenn solche Kanäle in geringer Entfernung sich be-

finden, so verschmelzen sie seitlich, und isoliren nach und nach einzelne Stücke Eises. Dieses tritt vor allem am Gletscher ein, der so reich an Luftblasen ist, daher auch dort die Gletscherkörner so besonders deutlich entwickelt sind. Uebrigens liefert auch Wassereis ganz analoge Formen, wie uns die Vergleichung von No. 5 und 6 Taf. I. zeigt. Die Kanäle stehen dabei in einzelnen dichteren Gruppen gesondert, anfangs bilden sie unregelmäfsig cylindrische Röhren, deren trennende Wände aber immer mehr verschmelzen und zuletzt nur noch dünne Kanten und Ecken übrig lassen, welche den Körnern eine rauhe Oberfläche ähnlich einer Feile geben. No. 6 Taf. I. ist von Wassereis: die feilenartige Rauheit der Oberfläche sehen wir besonders schön an No. 7.

Die Bildung von Rissen geht der Anlage von Kanälen stets voraus und bedingt sie; allein das schöne, feine Spaltennetz der Oberfläche, wie wir es in den Abdrücken 1—3 Taf. I. kennen lernten, wird nicht immer so deutlich sichtbar; die gröfste Anhäufung der Spalten beschränkt sich zunächst auf die Oberfläche; wird diese Schicht durch Schmelzen entfernt, so bleiben zuletzt nur Kanäle übrig, aus einzelnen in die Tiefe sich fortsetzenden Rissen entstanden. Diefs ist die Ursache davon, dafs wir in den einzelnen deutlich isolirenden Gletscherkörnern nur selten Haarspalten bemerken; an Eise, welches vor Schmelzen weniger geschützt ist, treten nur die Kanäle auf; ein Beispiel dafür sehen wir an No. 6 Taf. I [1]).

Da gröfsere Kanäle den Eintritt der Luft und die Erwärmung des Wassers etwas über 0° sehr erleichtern, so geschieht es, dafs sie jetzt selbst theilweise zerstörend einwirken. Daher werden die Theile, die zwischen den Mündungen der Kanäle liegen, stets ein wenig convex. An manchen Stellen des Gletschers verbindet sich mit der Kälte auch der Zug der Masse thalabwärts, um die Spaltenbil-

1) Das Original wurde im März 1847 im Freien beobachtet; die Eismassen, die während des Sommers in Kellern aufbewahrt werden, zeigen ganz dasselbe.

dung an einzelnen Theilen besonders häufig zu machen; auch diese Gruppen von Spalten setzen sich mit Luftblasen in Verbindung und werden so zu Kanälen, die das Eis in grofsen Massen und in sehr bestimmten Richtungen durchziehen. Dabei ist die ursprünglich eingeschlossene Luft durch Wasser ersetzt; das Eis erhält dadurch an diesen Stellen eine weit gröfsere Durchsichtigkeit und erscheint blau gegenüber dem blasenreicheren, weifsen [1]).

Die Gröfse der Fragmente, in welche das Wassereis zerfällt, ist an diesem wie am Gletscher sehr wechselnd. An Platten, welche dick genug sind, die ganze Reihenfolge der Erscheinungen zu zeigen, bemerken wir, dafs die ersten prismatischen Körper, in die es zunächst der Oberfläche zerfällt, kleiner sind als die später entstehenden; ein Vorgang, der jenem sehr ähnlich ist, dafs die Gletscherkörner an den oberen Parthien kleiner sind als nahe dem Gletscherende.

Für den Gletscher hat man die Erklärung der wechselnden Gröfse auf verschiedene Weise versucht. Zuerst ging man von den Formen des Firnes aus, denn auch bei diesem bemerkt man, dafs die Gröfse seiner Körner mit dem Alter zunimmt. Dort wird die Vergröfserung dadurch herbeigeführt, dafs durch die Befeuchtung des einzelnen Kornes mit dem Schmelzwasser concentrische Schichten um dasselbe sich ablagern. Man kann sich davon sehr deutlich an den Schneemassen überzeugen, die auch in den Ebenen an beschatteten Stellen sehr lange sich erhalten. Am schönsten fanden wir eine solche Bildung in einem grofsen Gefäfse voll Schnee, den wir in München im Freien, aber an der Nordseite eines Hauses vor directer Besonnung geschützt, im Jahre 1847 vom Januar bis Mitte März aufbewahren konnten; es wurde dabei nur die Vorsicht gebraucht, den Boden des Gefäfses an mehreren Stellen

1) Diese *blauen Bänder* sind für die Structur des Gletschers durch ihre Vertheilung und ihre Neigung sehr charakteristisch; der Gegenstand dieser Abhandlung erlaubt nicht, sie in ihrem Zusammenhange mit den allgemeineren Erscheinungen des Gletschers näher zu untersuchen.

zu durchlöchern; wir verschafften auf diese Weise dem zu reichlichen Schmelzwasser einen beständigen Abfluſs. Da noch häufige Nachfröste eintraten, erlangten die Schneekörner eine Dicke von $\frac{1}{2}$ — 1 Millimeter.

Es war sehr natürlich, daſs diese Vorgänge, welche man in der Natur vielfach beobachten kann, anfangs auch auf die Bildung der Gletscherkörner angewendet wurden. Allein schon eine theoretische Betrachtung aller Nebenumstände läſst die Unwahrscheinlichkeit dieses Vorganges erkennen. Denn würden sich diese concentrischen Eisschichten bilden, so müſsten die Kanäle in jeder Nacht sich schlieſsen, in welcher die Temperatur bedeutend unter 0° sinkt, was in diesen Höhen nicht selten ist. Allein gegen das Schlieſsen derselben, selbst in der Nähe der Oberfläche, sprechen die Infiltrationsversuche, welche wir später ausführlicher behandeln werden [1]).

Ich glaube, daſs die Ursache des Gröſserwerdens der Gletscherkörner dieselbe ist, welche auch das Wassereis nach und nach in gröſsere Fragmente zerfallen macht. Wesentlich ist dabei der Grad der Kälte und ihr Eindringen in das Innere. Am Wassereise sind deshalb die kleinsten Fragmente in der Nähe der Oberfläche und bei noch nicht starker Kälte bemerkbar; ins Innere setzen sich die Risse weit weniger zahlreich fort, daher treten auch dort die Kanäle mehr vereinzelt auf, die Stücke werden gröſser, wenn die erste Schicht entfernt ist. Am Gletscher ist die gröſste Kälte an den höchsten Theilen, in der Nähe der Firnmeere, daher dort auch das kleinkörnigste Zerfallen. Das Eis bewegt sich zwar nach abwärts, und ein Stück, welches wir jetzt am Gletscherende in groſse Körner zerfallend beobachten, hat vor einer langen Periode ebenfalls unter der Firnlinie sich befunden; allein der Temperatur dieser Höhen war es damals nicht ausgesetzt, da es wegen des groſsen jährlichen Abschmelzens früher sich tief unter der Oberfläche befunden haben muſste. Am Ende

1) Hugi schreibt die Vergröſserung der Körner der Absorption von Gasen aus der Atmosphäre zu. Wesen der Gletscher. S. 9.

jedes Winters liefse sich demnach eine stärkere Zerklüftung in der Nähe der Oberfläche an jedem Theile des Gletschers erwarten; allein diese Schicht verschwindet bald; und was wir im Sommer beobachten, ist davon abhängig, wie tief die Intensität der Kälte ins Innere eingedrungen, wie dicht gedrängt die Risse sich noch einige Meter[1]) unter der Oberfläche während des Winters verbreiteten. Es läfst sich erwarten, dafs diefs am Gletscher um so weniger der Fall war, je mehr wir uns seinen tiefer gelegenen Theilen, seinem Ende nähern; das Zerfallen in allmälig gröfsere Körner spricht ebenfalls entschieden dafür.

In günstigen Fällen haben wir sogar einen Beweis, der noch directer unsere Voraussetzung unterstützt. Es geschieht nicht selten, dafs von secundären Gletschern, die nahe einem Felsenabhange sich befinden, Stücke abbrechen und auf einen tiefer gelegenen primären Gletscher hinabfallen. Es werden dabei die innersten, ganz compacten Eismassen hinabgerissen; tritt diefs noch vor dem Ende des Winters ein, in der Zeit also, in welcher dieses Stück dieselben Einwirkungen der Kälte erfährt, wie jene Stelle des Gletschers, auf welche es fällt: so trennt es sich in Fragmente von derselben Gröfse wie seine Unterlage, während es in der früheren Lage in weit kleinere Stücke zerfallen wäre. Und doch haben diese Massen in wenigen Sekunden eine verticale Höhe zurücklegt, zu der sie als Theile eines regelmäfsigen Gletschers eben so viele Decennien gebraucht haben würden. Auch Wassereis müfste nach dieser Ansicht, auf den Gletscher gebracht, genau in dieselben Massen zerfallen wie dieser. Es findet sich solches auf jedem Gletscher von selbst, und bietet ungemein belehrende Formen. Wenn eine Spalte mit Wasser erfüllt ist, so setzen sich an die Wände derselben Schichten von Wassereis an und schliefsen sie allmälig mit einem soliden Pfropfe von Eis. Auch dieses zerfällt in Körner, die sich einzeln von jenen der Umgebung in nichts unterscheiden lassen; nur die ge-

1) Ueber die genauen Angaben des sommerlichen Abschmelzens des Gletschers siehe Cap. VII.

ringere Menge von Luftblasen macht, dafs sich eine solche Stelle sehr deutlich durch eine mehr lichtblaue Farbe auszeichnet. In Folge der schalenförmigen Ablagerung des Eises bei seinem Entstehen sind auch die Körner im Grofsen ähnlich gelagert, ohne deswegen in ihren individuellen Formen im Mindesten beeinträchtigt zu seyn. Es wird Jedermann zugestehen, dafs das in diesen wassererfüllten Spalten gebildete Eis mit dem Gletschereise nicht mehr zusammenhängt als jenes, welches gefrorenes Wasser in einem Gefäfse liefert.

Schmilzt Eis in gröfseren Massen, so bleibt seine Oberfläche nicht glatt oder gleichförmig, sondern erleidet bedeutende Veränderungen, die sich in zwei Gruppen bringen lassen. Die eine derselben sind die muldenförmigen Flächen an verticalen Eiswänden und an den Decken der Höhlen, die andere die kleineren Unebenheiten des Eises.

Die ersten bemerkt man besonders schön an Spaltenwänden, und an solchen Stellen in der Nähe der Ufer, wo Stücke des Gletschers abbrachen und freie verticale Wände zurückliefsen. Auch an Spalten im Firne, und an jähen Aufsenseiten angehäufter Schneemassen sind sie sehr deutlich. Sie lassen sich ihrer Form nach mit nichts besser vergleichen als mit einer Fläche, die man an einem weichen Körper dadurch erhält, dafs man denselben mit einem Löffel durch Abtragen zu ebnen sucht, wodurch eine Reihe concaver Einschnitte entsprechend der Convexität des Löffels zurückbleiben. In dem oberen Theile ist jede solche Concavität beinahe kreisrund; nach unten wird sie flacher und weiter, so dafs ihre seitlichen Begränzungen, den Aesten einer Hyperbel ähnlich, auseinander weichen. Am schönsten und regelmäfsigsten bemerken wir diese Formen im Innern der grofsen Höhlen, welche sich am Austritt der Gletscherbäche bisweilen finden, nur sind sie an der Decke mehr kreisrund als an den Wänden. Da sie hier auch sehr glatt und spiegelnd sind, so reflectiren sich in ihnen beleuchtende Wellen des Baches und andere helle Punkte unzählige Male; sie geben dadurch dem Eingange solcher

Höhlen einen ungemeinen Reiz. Die Erklärung dieser sonderbaren Formen ist nicht ohne Schwierigkeit; folgende dürfte jedoch nicht ganz unwahrscheinlich seyn. Wenn an irgend einem Punkte das Schmelzen beginnt, so läuft das entstandene Wasser weg und schützt die Umgebung dadurch, dafs es eine ganz feine Schicht bildet, die verdunsten mufs, ehe auch dort das Schmelzen beginnen kann; so erhalten wir in den regelmäfsigsten Fällen Kugelsegmente, wie an den Decken der Höhlen; rücken sich durch fortgesetztes Schmelzen die begränzenden Flächen dieser Kugelsegmente immer näher, und schneiden sie sich, so bleiben spitze pyramidenartige Gestalten übrig, die sich besonders an den Decken von Schnee- und Firnhöhlen finden.

An verticalen Wänden, wo das entstandene Schmelzwasser nicht nach allen Seiten gleichmäfsig abläuft, sondern vorzüglich nach unten, sind auch dort die gröfsten Vorsprünge, was statt der regelmäfsigen Kreisformen der Dekken die erwähnten eliptischen Eindrücke zurückläfst. Die erste Ursache davon, dafs das Abschmelzen nicht überall gleichmäfsig eintritt, mag wohl mit der vorausgehenden Risse- und Körnerbildung zusammenhängen.

Diese löffelförmigen Erosionsflächen sind nicht auf die Gletscher und den Schnee der Alpen allein beschränkt; sie sind auch bei Expeditionen in höhere Breiten regelmäfsig erwähnt, und machen sich an grofsen Anhäufungen von Schneemassen fast überall bemerkbar.

Kann das Schmelzwasser sich sammeln, bildet es nicht eine dünne bald verdunstende Schicht, so trägt es nicht zur Erhaltung, sondern zur Zerstörung des Eises bei, indem es sich bei directer Besonnung etwas über 0° erwärmt. Es erweitert dann die Kanäle bedeutend und bildet besonders da, wo jene häufig sind, in den blauen Bändern, kleine Thäler von der mannigfaltigsten Verzweigung bis zu 2 Centimeter Tiefe. Ein Beispiel dafür ist No. 12 der Tafel I.

Es dürfte nicht uninteressant seyn, bei dieser Gelegenheit noch einmal auf die Erscheinungen am Wassereise zu-

rückzukommen, und die Unebenheiten zu betrachten, welche auch dieses bei längerem Schmelzen annimmt. Wir hatten bei unseren Beobachtungen an den Kanälen in Nymphenburg und bei jenen am See im englischen Garten bei München den Vortheil, zwei Gruppen zu betrachten, die unter etwas verschiedenen Umständen sich befanden; am ersteren Orte lag das Eis auf Wasser, am zweiten auf festem Boden. Bei beiden zeigten sich schon sehr bald bedeutende Unebenheiten, welche an vielen Stellen jene des Gletschers übertrafen: deswegen wohl, weil hier das Schmelzwasser wegen der grofsen Horizontalität nicht wie am Gletscher wenigstens theilweise zu Bächen sich vereinigte und so abflofs, sondern nur durch die entstandenen verticalen Kanäle einen sehr beschränkten Ausweg fand. Wo das Wasser sogleich entfernt würde, dürften sich demnach keine solchen Vertiefungen bilden; diefs ist in der That der Fall an der porösen Oberfläche des Schnees, in welchem dasselbe rasch nach seiner Entstehung versinkt. Wo Wasser unter dem Eise war, blieb die Unterfläche stets glatt, und die Kanäle bildeten hier ganz deutliche Körnergränzen, sehr ähnlich jenen No. 5. Taf. I. Ganz dasselbe zeigt die Unterfläche jener grofsen Eisblöcke, welche in manchen Gletscherseen umherschwimmen. Einen sehr schönen Abdruck davon erhielten wir von einem Blocke des Sees im grünen Thor (Pasterzengletscher), welcher in No. 11 Taf. I. wiedergegeben ist und zugleich als besonders deutliche Entwickelung der Körnergränzen unsere Berücksichtigung verdiente. Die erhabensten Stellen am Eise von Nymphenburg hatten noch am 2. März 15—16 Centimeter, die dünnsten 5—6 Centimeter; es blieb demnach den ersteren eine relative Höhe von 10 Centimeter: später schmolzen die dickeren auf 4—5 Centimeter ab, während die dünneren Parthien kaum 1 Millimeter betrugen, und zuletzt waren es einzelne Fragmente, welche im Wasser lose herumschwammen[1]).

Auf

1) Im Winter 1850 beobachtete ich auch an den Kanälen des Thiergartens bei Berlin die Bildung der Risse sehr deutlich.

Auf trockner Unterlage waren ebenfalls bedeutende Unebenheiten der Oberfläche bemerkbar, aber auch die untere Seite war hier nicht glatt, sondern höckerig und trug dadurch bei, dafs dieses Eis weit schneller als das erstere in Gruppen von isolirten Fragmenten zerfiel, die bisweilen 10 bis 12 Cubikcentimeter Masse hatten.

Vertheilung der Kanäle im Innern.

Die bisher betrachteten Erscheinungen sind am Gletscher vorzugsweise über die Oberfläche verbreitet. Die deutliche Körnerbildung erstreckt sich zwar auch etwas in die Tiefe; jedoch dürften drei Meter in verticaler Entfernung von jeder der Atmosphäre ausgesetzten Oberfläche wohl als Maximum gelten; eine Gröfse, welche gegenüber der ganzen Gletschermasse doch eine unbedeutende ist.

Ich mufs hier eine Unterscheidung in der Bezeichnung des Gletschereises einführen, die ich erst später bei der Behandlung der Ogiven ausführlicher entwickeln kann [1]). Man unterscheidet bekanntlich ein luftblasenreiches Eis, welches in Folge der Reflection des Lichtes an den eingeschlossenen Blasen *weifs* erscheint, und ein *blaues*, in welchem die Blasen grofsen Theils durch wassererfüllte Kanäle ersetzt sind; dadurch erhält das Eis eine gleichmäfsige lichtblaue Farbe. Diese Parthien sind schmäler und durchziehen in gewissen Lagen das weifse Eis, sie werden die „blauen Bänder“ genannt. Nur diese letzteren verbreiten das körnige Gefüge bis tiefer in das Innere; im weifsen Eise sind es aber nur einzelne unregelmäfsig zerstreute Haarspalten und Kanäle, welche tief in die compacte Gletschermasse eindringen, ja ich fand die letzteren selbst an der Decke von Gletscherhöhlen, wobei sie sicher von der Oberfläche kamen, obgleich sie eine Eismasse von 60 bis 80 Meter durchsetzen mufsten.

Der Umstand, der mich zu dieser Annahme berechtigte, war folgender. Unmittelbar über einer Höhle [2]) lag die

1) Cap. IV. p. 83 l. c.

2) Am Marcellgletscher.

Mittelmoräne, welche aufser den schönen gröfseren Blöcken auch sehr viel Schwamm und Sand enthielt. Da die Kanäle von oben mit Schmelzwasser sich erfüllten, so mufste mit diesem auch solcher Schlamm eintreten, und es war zu erwarten, dafs er an der Decke der Höhle sich bemerkbar machte, wenn die Kanäle wirklich von da bis an die Oberfläche reichten. Diefs war in der That hier an sehr vielen Stellen der Fall; und directe Versuche durch künstliche Infiltrationen bestätigten, dafs diese Theilchen wirklich von der Oberfläche herabgekommen waren.

Die beste Art, von den Kanälen des Gletschers sich zu überzeugen, sind die Infiltrationsversuche mit gefärbten Flüssigkeiten, welche Agassiz bereits im Anfange seiner Untersuchungen mit so vielem Erfolge angewandt hatte. Unter mehreren Medien, die wir versuchten, fanden wir eine concentrirte Auflösung von saurem chromsauren Kali am vortheilhaftesten, deren sich auch Agassiz bediente. Lackmus, Curcuma, Campechenholz sind entweder weit weniger intensiv gefärbt, oder sie dringen nicht mit derselben Leichtigkeit ein. Das saure chromsaure Kali behält noch bei ungemeiner Verdünnung eine deutliche Weinfarbe; setzt man etwas basisch essigsaures Bleioxyd zu, so erhält man eine noch intensivere gelbe Farbe; die suspendirten Theile des gefällten Bleisalzes sind nicht so grofs, dafs sie die Kanäle verstopften.

Die Versuche wurden auf mehreren Gletschern theils im Oetzthale, theils auf der Pasterze in Kärnthen angestellt. Die gemeinschaftlichen Resultate waren folgende: Wurde die Vertiefung zur Aufnahme der Infiltrationsflüssigkeit, zwei Maafs concentrirter Lösung enthaltend, in ein blaues breites Band gemacht, so entleerte sie sich ungemein rasch, und liefs sich an den Wänden der Spalten sehr deutlich bis zu 8 und 10 Meter Tiefe verfolgen, obwohl ich die Infiltrationsgrube stets mehrere Meter vom Rande der Spalten entfernte. Suchte ich eine Stelle blauen Eises, welche etwas erhaben war, so verbreitete sich die Infiltration auch sehr rasch über die Oberfläche; und hier beinahe gleich

stark in weifsem und blauem Eise; ich fand bei einem besonders glücklichen Falle die madreporenartigen verticalen Vertiefungen des Eises, welche von eingesunkenen Steinchen u. dgl. herrühren, bei einer horizontalen Entfernung von 40 Meter deutlich von der Infiltrationsmasse gefärbt und erhielt, als ich zur Controle etwas essigsaures Blei hinein brachte, augenblicklich den charakteristischen Niederschlag.

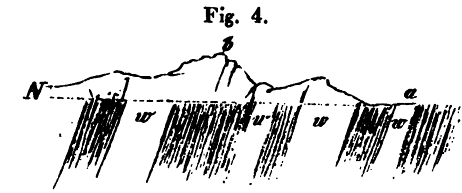
Im weifsen Eise ist die Infiltration anfangs eben so stark als im blauen, aber in der Tiefe nimmt sie ab, sobald sie die Region des deutlichen Körnergefüges verlassen hat.

Auch in den wassererfüllten Stellen des Gletschers (Baignoirs) findet eine Infiltration statt, obgleich ihre Wände nicht von Gletscher- sondern von neu entstandenem Wassereise bekleidet sind. Dafs sie die enthaltenen Flüssigkeiten nicht ganz wasserdicht von der Umgebung abschliefsen, sieht man auch daraus, dafs diese so wie die kleinen madreporenartigen Löcher des Morgens oft wasserleer sind. Man könnte diefs theilweise der Verdunstung zuschreiben, allein ich sahe Fälle, in welchen diese nicht von Einflufs seyn konnte; es bildeten sich in mehreren kalten Nächten während unseres Aufenthaltes auf der Pasterze über diesen Wasserbehälter kleine Eisplatten, welche bis zum nächsten Morgen sehr wohl erhalten blieben: unter ihnen aber war keine Spur von Wasser zu finden. Hätten wir nicht die Stelle von früheren Besuchen her wohl gekannt, und gewufst, dafs das Wasser erst nach der Bildung der Eisplatte durch Infiltration verschwunden war, so wäre uns das Entstehen dieser Decken über wasserleeren Vertiefungen sehr überraschend gewesen. Dieser Umstand machte uns aufmerksam, die Wasserstände an mehreren Orten des Abends durch eingesteckte eiserne Stifte zu bezeichnen, und wir fanden sie in der That des Morgens gewöhnlich etwas tiefer (2 bis 3 Centimeter), während sie nach 10 Uhr von dem Schmelzwasser wieder gefüllt waren. An kalten Herbsttagen, wenn das Schmelzwasser von Tag zu Tage spärlicher wird, bemerkt man an diesen Stellen die Infiltration be-

sonders schön. Es bilden sich mehrere parallele Krusten von Eis, die von der Oberfläche beginnend in Abständen von 2 bis 3 Centimetern nach unten sich folgen. Es sind diefs die Reste jener Eisdecken, die sich in den vorausgegangenen Nächten auf der Oberfläche bildeten, und nun eine gleichzeitige Uebersicht der früheren Wasserhöhen gewähren.

An den Wänden der Spalten bemerkt man noch ein anderes Phänomen, welches die allgemeine Senkung des Wassers während der Nacht anzeigt. Des Morgens ist an der Oberfläche nur selten verschiedenfarbiges Eis zu sehen; an den Spaltenwänden ist zwar die Streifung von unten nach aufwärts so deutlich wie später am Tage; allein wenige Fufs unter der Oberfläche verschwindet sie, obwohl zu anderer Zeit die Bänder so deutlich bis an den Rand der Spalten herauf reichen, und noch über die Oberfläche des Gletschers fortlaufen.

Fig. 4.



Nächtliches Verschwinden d. blauen Bänder. *a b N* Umrifs der Gletscheroberfläche; *N* Niveau des Wassers; *w* weifses Eis; das dunkel Gezeichnete sind blaue Bänder; horizontale Länge vier Meter.

Dieses Verschwinden rührt daher, dafs die oberen Theile des Eises, auch des blauen, wasserleer sind; die Kanäle des letzteren sind mit Luft gefüllt, daher erscheinen beide Arten gleichförmig weifs; bis zum Rande des Wassers, von unten nach aufwärts, sind Farbe und Structur so verschieden wie gewöhnlich. Dieser Fall spricht zugleich sehr deutlich dafür, dafs die Zwischenräume in den blauen Bändern durch Infiltration von oben gefüllt werden.

Eine gröfsere Reihe von Infiltrationsversuchen, die mir besonders erlaubte, in verticaler Richtung von der Tiefe der Infiltration mich zu überzeugen, machte ich am Vernagt im Oetzthale.

Die Stelle befand sich in einem der zerklüftetsten Theile

des Vernagt, in der Nähe der Alpenweiden auf „Plattei". Durch ein Gewirre von Spalten und Eisnadeln war dieser Punkt etwas unbequem zu besuchen; dafür bot er aber den Vortheil, dafs man im Stande war, mit geringer Nachhülfe eine sehr passende Höhle herzustellen. Man trat auf einigen eingehauenen Stufen in die Spalte hinauf, die von Natur ziemlich enge durch Hinabwerfen von Schnee und Eis in einer Tiefe von 3 Metern sich so fest schlofs, dafs man mit Vorsicht sich darauf stellen konnte; zur gröfseren Sicherheit band ich mich an ein Seil, dessen anderes Ende um einen Pfahl aufser der Höhle geschlungen war. Die Stellen der Infiltrationsflüssigkeit waren so gewählt, dafs eine verticale Linie von dort gerade der tiefsten Stelle der Eiswand, die nach Innen concav war, sich näherte. Ich machte drei Vertiefungen zur Aufnahme der Infiltrationsflüssigkeit. Eine in einem breiten blauen Bande, die zweite in reinem weifsen Eise und eine dritte da, wo schmale weifse und blaue Bänder mit einander wechselten. Schon 10 Minuten nach dem Einfüllen war die Flüssigkeit aus dem blauen Eise an den untersten Stellen, 3 Meter vertical unter dem Infiltrationspunkte, sichtbar; die Grube war dabei leer geworden. Bald begann auch an der dritten Stelle die Färbung sich zu zeigen; aber vorzugsweise nach dem Verlaufe der blauen dünnen Bänder. Auch am weifsen Eise wurde die Flüssigkeit bemerkbar, aber erst eine Viertelstunde später; sie war hier nicht gleichmäfsig vertheilt, sondern blieb in mehreren gröfseren Gängen vereint. Nach einiger Zeit wurden die Infiltrationslöcher sorgfältig gereinigt und ausgetrocknet, dann liefs ich an dieser Stelle einen bedeutenden Theil des Eises abtragen. Hier zeigte sich der Einflufs der Eismassen von verschiedener Structur auf die Infiltration besonders deutlich. Im blauen Eise war dieselbe, so weit ich entblöfsen konnte, überall ganz gleichmäfsig verbreitet. Im weifsen aber hörte sie in dieser Form bei 2 Meter Tiefe fast in einer horizontalen Ebene auf; von hier abwärts waren nur feine

und sehr schwache Körnergränzen zu entdecken[1]). Die Infiltration erstreckte sich noch etwas tiefer, allein ungleich vertheilt, und hielt sich an einzelne gröfsere Gänge, wie wir es schon vor dem Abhauen der Decke aus den Erscheinungen an den Wänden der Höhle vermutheten. Ich machte hier, um mir ein noch deutlicheres Bild dieser Verhältnisse zu geben, im reinen weifsen Eise neue Löcher, die ich mit chromsaurem Kali füllte, wählte aber die Lage derselben so, dafs manche ein oder zwei Kanäle einschlossen, andere im ganz compacten Eise blieben. Ich gofs die Flüssigkeit des Abends ein, des anderen Morgens waren drei Behälter, von denen ich es bereits erwartete, und ein anderer leer geworden; im letzteren entdeckte ich jetzt, durch die Farbe des Kalisalzes unterstützt, leicht die Ausflufsstellen, die ich Tags vorher nicht bemerkte. Die beiden anderen Gruben, die im ganz compacten weifsen Eise gemacht waren, hatten aber ihr Niveau vom vorigen Abend kaum um 2 Centimeter geändert.

An den Stellen, wo weifs und blau abwechselten, war der Effect der Infiltration ein ungleichartiger. Im blauen Eise war auch hier ihr Ende durch Abtragen nicht zu entdecken; im weifsen dagegen hatte sie eine bestimmte Gränze, nur um einige Decimeter tiefer als in der Grube No. 2. Einzelne Gänge und Kanäle führten auch von hier in die Tiefe fort.

An der Pasterze hatte ich Gelegenheit Infiltrationsversuche 1) nahe der Firnlinie, 2) in der Mitte des Gletschers und 3) unmittelbar an seinem Ende zu machen. Blaue Bänder waren überall gleich stark infiltrirt; allein im gewöhnlichen Eise bot die Vergleichung der einzelnen Punkte das interessante Resultat, dafs 1 und 2 in Beziehung auf die Tiefe der Infiltration nur wenig abwichen; 3 hingegen zeigte nur sehr geringe Infiltration.

Die Schlüsse, welche wir daraus auf die Vertheilung der Risse und Kanäle machen dürfen, sind folgende. Die

1) Ueber die feinen Spalten in gröfseren Tiefen und ihre Entstehung siehe S. 212.

blauen Bänder führen die Flüssigkeiten überall in Tiefen, die wir nicht mehr verfolgen können; im gewöhnlichen weifsen Eise aber erstreckt sich die gleichmäfsige Durchtränkung der Massen nur 2 bis 3 Meter nach abwärts, dann hören die zahlreichen Gruppen der Spalten fast in einer Ebene auf; nur einzelne Kanäle, auch kleinere Risse setzen sich in bedeutende Tiefen fort. Charakteristisch ist, dafs jene Ebene, in welcher die reichliche Infiltration aufhört, am Anfange des Gletschers tiefer liegt als am Ausgange. Ich glaube darin eine Unterstützung meiner Ansicht über die Entstehung der Risse zu sehen, indem gerade dort dieselben am tiefsten sich erstreckten, wo wegen der höheren Lage die gröfste nächtliche Kälte auf Tagestemperaturen über 0° zu folgen vermag. Die Gröfse der Differenz zwischen dem Maximum und Minimum mag allerdings für den Anfang und das Ende des Gletschers sich nur wenig unterscheiden; allein sie wird im ersteren Falle durch ein geringes Plus und ein grofses Minus, im zweiten durch ein grofses Plus und ein geringes Minus hervorgebracht; die Wirkungen müssen dabei nothwendig verschieden seyn, da alle Temperatur über 0° das Eis nicht zu erwärmen, nur zu schmelzen vermag, während die Temperaturerniedrigung unter 0° sehr bedeutend auf die Gröfse der Zerklüftung einwirkt.

Ich weifs wohl, das die absolute Vergleichbarkeit höherer und tieferer Punkte in Beziehung auf die verticale Ausbreitung dieser Risse nicht zu beanspruchen ist; auch das ungleiche Abschmelzen ist darauf von Einflufs, indem es an den unteren Parthien von dem körnigen mit Kanälen durchzogenem Eise mehr zerstört, als an den höher gelegenen; allein diese Differenz ist[1]) nicht grofs genug, die Unterschiede vollkommen zu erklären. Jedenfalls ist aber am Ende des Winters die zerspaltene Schicht an derselben Stelle tiefer, als am Ende des Sommers.

1) Nach unseren Versuchen über die Abtragung des Eises.

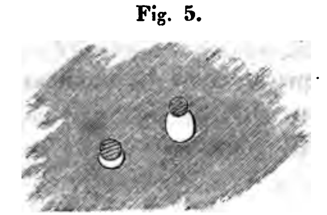
Luftblasen.

Die Menge der Luftblasen, welche im Gletscher eingeschlossen ist, wird für denselben nicht nur durch ihre Betheiligung an der Bildung der Körnergränzen und der Kanäle im Inneren des Eises wichtig; sie hat auch auf den Umrifs seiner Oberfläche im Kleinen einen bedeutenden Einflufs. Am besten können wir diefs aus dem Vergleich von No. 12 und 13 Taf. I. entnehmen. In dem ersten Stücke, welches die Oberfläche des blauen Eises wiedergiebt, sind die Vertiefungen durch ungleiche Schmelzung so grofs, dafs die Figur dem Relief einer Gebirgsgegend nicht unähnlich wird. Die tiefsten Stellen bezeichnen uns immer die Umrisse der Körner. Punkte, an welchen kurz vorher Luftblasen waren, bemerken wir auch hier als kreisrunde Vertiefungen; allein sie sind verhältnifsmäfsig sparsam vertheilt.

Ganz entgegengesetzt verhalten sich die Formen des weifsen Eises in No. 13 Taf. I. Die Körnergränzen lassen sich durch tiefere aber enge Spalten auch hier erkennen, jedoch die grofsen Verschiedenheiten im Relief sind hier nicht zu bemerken; die Spuren der Luftblasen hingegen sehen wir ausserordentlich deutlich und zahlreich. Wir zählen auf einem Quadratcentimeter weifsen Eises nicht selten 17 bis 18 solcher Vertiefungen. Durch theilweise Reflexion der Wärmestrahlen an der Oberfläche der Luftblasen, und durch die Erwärmung der Luft im Eise wird auch das schnellere Schmelzen des weifsen Eises gegenüber dem blauen hervorgebracht; ja die Luftblasen tragen nicht selten noch unmittelbar dazu bei. Sie bewirken durch die Ausdehnung der Luft, dafs das Eis, noch ehe es bis an die Blase herabgeschmolzen, berstet, und nun in ganz kleinen Fragmenten über die Oberfläche zerstreut wird. Das dadurch hervorgebrachte leise Knistern ist an schönen warmen Tagen ungemein deutlich; bei einiger Aufmerksamkeit hält es nicht schwer, sich unmittelbar von dem Vorgange zu überzeugen und die Fragmente der gesprengten dünnen Eishüllen zu entdecken.

Das Erwärmen der Luft innerhalb des Eises zeigt sich noch in einer anderen Form. An den hervorragenden Theilen des Gletschers bemerkt man oft Bläschen, die wie jenes in Fig. 5. nach unten von einem Hofe von Wasser umgeben sind, von dessen Flüssigkeit man sich durch Oeffnen der Höhle leicht überzeugen kann. Manchmal ist eine solche Luftblase nach allen Seiten von Wasser umgeben, gewöhnlich nur nach unten [1]).

Fig. 5.



Luftblasen im Eise von flüssigem Wasser umgeben; die parallelen Striche = Eis; die gekreuzten = Luftblasen; das hell Gelassene = Wasser.

Das Wasser ist dadurch entstanden, dafs die Luft Wärmestrahlen absorbirte, welche das Eis als diathermaner Körper durchliefs; an ein Eindringen des Wassers durch Spalten, etwa Haarspalten, war in allen Fällen, welche ich sah, nie zu denken; auch wäre ja bei einer solchen Oeffnung immer die Luft ausgetreten, ehe das Wasser Platz finden konnte. Die schöne Entwickelung dieser Formen ist um so überraschender, wenn wir bedenken, dafs das Eis zu jenen Körpern gehört, welche nur sehr wenig diatherman sind. Melloni hat gefunden, dafs Eis bei 2,6 Millimeter Dicke von 100 Strahlen der Locatellischen Lampe nur 6 durchläfst, während Steinsalz 92, Spiegelglas 39, krystallisirter Gyps 14 Strahlen durchliefsen [2]).

Die Masse der Luft zu bestimmen, welche in einem gegebenen Volumen Eis enthalten ist, macht einige Schwierigkeit, da sie beim Schmelzen zum grofsen Theile von Wasser absorbirt wird. Ich mufste mich daher begnügen durch Eindrücken in eine etwas erwärmte Metallform dem Stücke ein bestimmtes Volumen zu geben und dann sein absolutes Gewicht zu bestimmen; ich suchte dabei ein Stück, welches möglichst frei von Haarspalten war. Die Wägung wurde auf einem Aräometer aus Glas vorgenom-

1) Dieselben Formen: Agassiz Système p. 168.

2) Müller-Pouillet Physik II. 424.

men, welches 1 Milligramm mit Sicherheit anzeigte, und 24 bis 30 Grammen tragen konnte; eine grofse Bequemlichkeit war es, dafs sein Hals in Längentheile getheilt war, welche genau die Veränderungen der Belastungen um + oder — 1 Milligramm durch ihr Einsinken oder Steigen angaben.

Berechnen wir daraus das Gewicht eines Cubikmeters von dem blasigsten Eise, so finden wir:

Wägung *a.* 867,1 Kilogramm
- *b.* 829,1 -
- *c.* 891,2 -
Mittel 862,4 Kilogramm.

Die Dichtigkeit des *reinen* Eises ist, nach den schönen Untersuchungen von Brunner dem Sohne, folgende:

Temp. C.	Dichte.	Temp. C.	Dichte.	Temp. C.	Dichte.
0	0,91800	— 7	0,91879	— 14	0,91957
— 1	0,91812	— 8	0,91890	— 15	0,91968
— 2	0,91823	— 9	0,91901	— 16	0,91980
— 3	0,91834	— 10	0,91912	— 17	0,91991
— 4	0,91845	— 11	0,91924	— 18	0,92002
— 5	0,91856	— 12	0,91935	— 19	0,92013
— 6	0,91868	— 13	0,91946	— 20	0,92125

Wir erhalten demnach für die Masse des Eises in den gewogenen 27 Cubikcentimetern, dem Inhalte jener Metallform, da in 100 Theilen Volumen: Eis 939, Luft 61, ein spec. Gew. = 0,862.

Bei blauem Eise konnte ich durch Wägung zweierlei erfahren: 1) den Raum, den die Haarspalten, Körnergränzen und Kanäle einnahmen, 2) das spec. Gew. des möglichst blasenfreien Gletschereises. Für den ersten Versuch wurde ein Stück von 27 Cubikcentimetern, an dem alle Kanäle mit Wasser gefüllt waren, gewogen, dann durch Aussaugen schnell entleert und wieder gewogen. Der Verlust im Mittel mehrerer Versuche ergab ihren Raum in 1000 Theilen Eis zu 70 bis 90. Wenn auch bei dem Aussaugen und während der kleinen Pause zwischen der ersten und zweiten Wägung einiger Verlust durch Schmel-

zen des Eises herbei geführt wurde, so wird dieser Fehler hier um so weniger zu berücksichtigen seyn, da die Räume der Kanäle ohnehin keine constante Gröfse sind und in zwei dicht neben einander liegenden Stücken sehr merklich differiren können.

Wollte ich Stücke von blauem Eise wägen, welche frei von Kanälen waren, und möglichst wenig Luftblasen enthielten, so war ich gezwungen die Stücke weit kleiner zu machen. Ich wog 4 Cubikcentimeter und fand ihr Gewicht.

1	Versuch	3,69
2	-	3,63
3	-	3,66
	Mittel	3,66 Grm.

Für 1 Cubikcentimeter erhält man daraus

0,915 Grm.

und ein specifisches Gewicht von

0,915 Grm.

was von jenem des reinen Eises nur wenig abweicht.

Läfst man weifses blasenfreies Eis langsam thauen, so wird nicht alle darin enthaltene Luft absorbirt; diese Erscheinung gewinnt dadurch an Interesse, dafs die absorbirte Luft auch eine andere Zusammensetzung zeigt, als die austretende.

Um die absorbirte Luft vom Wasser zu trennen, wurde das letztere unter den bekannten nöthigen Vorsichtsmafsregeln ausgekocht, und die austretenden Gasarten unter einer warmen Salzlösung aufgefangen. Die calibrirte Röhre, in welche die Luft eintrat, tauchte ich am Schlusse der Operation so lange unter die Sperrflüssigkeit, bis ich die Temperatur der letzteren jener der eingeschlossenen Luft gleichsetzen durfte. Der Barometerstand, der jedesmal abgelesen wurde, betrug zwischen 600 und 570 Millimeter, da alle folgenden Versuche theils am Gletscher selbst, theils in Vent (5800 P. F.) angestellt wurden. Das gefundene Gasvolumen wurde auf 0° C. und 760 M. M. Barometerstand reducirt.

Die so erhaltenen Mengen waren:

No.	Ort.	Bezeichnung des Wassers.	Luft in 1000 Theil. Wasser.
1	Pasterze	Aus weifsem Gletschereise	47,10
2	Pasterze	Aus blauem Gletschereise	30,48
3	Alte Lawine b. d. Johannishütte.	Aus dem Firne	23,60
4	Vernagt	Aus weifsem Gletschereise	45,68
5	Vernagt	Aus blauem Eise	28,56
6	Dorf Vent	Aus frisch gefallenem Schnee	34,24
7	Dorf Vent	Kleiner Bach von Stablein kommend	25,68
8	Dorf Vent	Oetzwasser	13,12
9	Johannishütte	Wasser der Quelle	13,79

Anmerk. No. 1—3 und 9 waren 1848 in Kärnthen, während meines Aufenthaltes auf der Pasterze, angestellt. No. 4—8 wurden 1847 im Oetzthale ausgeführt.

Das Wasser aus weifsem Eise ist nach diesen Versuchen vollkommen gesättigt, da im Mittel 46 Theile Luft auf 1000 Wasser als Maximum angenommen werden [1]); aber selbst das blaue Eis lieferte noch luftreicheres Wasser als die gewöhnlichen Quellen und Bäche.

Zur chemischen Analyse der Gase bedienten wir uns des Eudiometers von Gay-Lussac [2]), dem Fresenius eine so bequeme Form gegeben hat [3]). Ein Cylinder von 1 Fufs Höhe und 3—4 Zoll Weite, der nämliche in dem auch das Aräometer aufgestellt werden konnte, wurde mit verdünnter Salzsäure gefüllt; in demselben befand sich die graduirte engere Röhre, welche die zu analysirende Luft und einen Kupferstreifen einschliefst, um den zur Vermehrung der Oberfläche und zum besseren Hinaufleiten der Salzsäure mit einem Bindfaden Kupferdrehspäne gebunden sind. Die drei Spitzen, an seinem unteren Ende sind federnde Streifen, welche den graduirten Cylinder in der weiteren Röhre festhalten [4]).

1) Nach Daltons Versuchen. *Manchester Memoirs* 2 *Ser.* 1, 284; 5, 11. *Annals of Phil.* 7, 215.

2) *Ann. de Chim. et de Phys.* 62, 219.

3) Anleitung zur quantitativen Analyse S. 435.

4) Ueber die Zuverlässigkeit so wie die weitere Behandlung siehe die ausführliche Darstellung bei Fresenius a. a. O.

Die Absorption des Sauerstoffs ist nach drei Stunden sicher vollendet. Die Correction wegen des Luftdruckes ist hier selten nöthig, da sich innerhalb der kurzen Zeit der Barometerstand nur wenig ändert. Die Temperatur der Sperrflüssigkeit wurde stets berücksichtigt und nach ihr das wahre Volumen der enthaltenen Gase berechnet.

Ich machte mit diesem Apparate die Analyse von zwei verschiedenen Luftarten; die erste war vom Wasser absorbirt und wurde durch Kochen ausgetrieben, die zweite war jene Luft, die bei langsamem Thauen des Eises nicht absorbirt wird, sondern in Bläschen aus dem Schmelzwasser aufsteigt.

Analysirte Luft.	Volumen.		Gewicht.	
	Sauerstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Im Wasser absorb. Luft	29,0 Proc.	71,0 Proc.	31,7 Proc.	68,3 Proc.
Nicht absorbirte Luft	16,4 -	83,6 -	18,3 -	81,7 -

696,04 Cb - Ct. Sauerstoff = 792,23 Cb.- Ct. Stickstoff = 1 Grm. (Marchand Chem. Taf. S. 10.)

Das Wasser auch des Gletschers absorbirte demnach weit mehr Sauerstoff als Stickstoff. Alexander von Humboldt und Gay-Lussac erhielten aus destillirtem Wasser, welches mit Luft gesättigt war, 32,8 Proc. Sauerstoff, aus Schneewasser 28,7 [1]).

Die nicht absorbirte Luft konnte ich mir am Gletscher selbst leicht verschaffen. Es entwickeln sich an vielen wassererfüllten Theilen kleine Luftblasen, eben jene, die beim Schmelzen nicht mehr absorbirt werden. Diese sind es, die unter einer Glasglocke aufgefangen den Gegenstand der zweiten Analyse bildeten. Bischof, der unter ganz ähnlichen Umständen die Luft analysirte, die sich aus den „Eislöchern des Gletschers“ (Baignoirs) entwickelte, fand ebenfalls sehr wenig Sauerstoff (10,22 Proc.) [2]).

Es fragt sich nun, welche Zusammensetzung die im Eise

1) *Journal de Phys.* 60, 129 Gilbert 20, 147.

2) Schweigg. 37, 266. Aehnliche Resultate aus Schneeluft erhielt Boussingault in Gay-Lussac's *Ann. de Chim.* 76, 354.

eingeschlossene Luft selbst hatte. Nehmen wir aus den beiden Analysen das Mittel, so erhalten wir

$$\frac{31,7+18,3}{2}=25 \text{ Proc. Gewicht}$$

Sauerstoff, während doch die Atmosphäre nur 23,07 enthält; schon die eingeschlossene Luft scheint demnach etwas an Sauerstoff reicher gewesen seyn. Dieses Resultat gewinnt eine Bestätigung, wenn wir die Umstände betrachten, unter welchen sich die Luftblasen im Eise bildeten. Sie entstanden zum Theile aus jener Luft, welche die Zwischenräume der Firnkörner ausfüllte; diese war gewifs von atmosphärischer Luft nicht verschieden. Ein zweiter allerdings kleinerer Theil derselben trat aber bei dem Gefrieren jenes Wassers aus, welches den Firn durchtränkt und bei dem Uebergange in den festen Zustand die einzelnen Körner zu einem compacten Ganzen, zum eigentlichen Gletschereise vereint. Die letztere Luft, ursprünglich vom Wasser absorbirt, war etwas sauerstoffreicher; so dafs auch auf diese Weise der kleine Ueberschufs von Sauerstoff (von 2 Proc.) erklärt ist. Allein diese Betrachtung nöthigt uns zugleich anzunehmen, dafs nicht in jedem einzelnen Bläschen solche Luft eingeschlossen ist, die mehr Sauerstoff enthält als die Atmosphäre, sondern dafs einzelne nur mit Atmosphäre, andere dafür mit einem um so gröfseren Gehalt von Sauerstoff gefüllt sind. Da beim Schmelzen des Eises einige Bläschen wegen bereits erfolgter Sättigung des Wassers oder wegen zu schneller Bewegung fast gar nichts durch Absorption verlieren, so läfst sich erwarten, was auch durch die Experimente sich bestätigte, dafs die austretende Luft weit weniger eine constante Zusammensetzung zeigt als die absorbirte.

Farbe des Eises.

Unter den physikalischen Eigenschaften des Eises verdient auch die Bestimmung seiner Farbe unsere Aufmerksamkeit. Wenn auch die Luftblasen in gröfserer Menge

dasselbe weifs erscheinen lassen[1]), so bleibt doch der eigenthümlichen lichtblauen Farbe desselben noch Einflufs genug, im Grofsen sich bemerkbar zu machen. Ganz besonders deutlich sind solche Farben in den Spalten des Eises sowohl als des Firnes zu beobachten. Unabhängig von dem Zustande der Bewölkung, frei also von dem Einflusse reflectirten blauen Lichtes, zeigen solche Vertiefungen eine blaue oder blaugrüne Farbe von solchem Glanze und so grofser Schönheit, wie wir sie nur an besonders günstigen Tagen am Firmamente oder an der Oberfläche grofser Wassermassen wiederfinden.

Ich bestimmte dieselben dadurch, dafs ich sie mit einem rotirenden Kreisel verglich, auf welchen Papiere von verschieden Farben gebracht werden konnten. Eine ausführliche Beschreibung dieses Cyanometers wird später bei den Untersuchungen über die Farbe des Firmamentes mitgetheilt werden. Die Werthe der folgenden Tabelle sind die procentischen Antheile jeder einzelnen Farbe. (*W*= Kremserweifs, *C*=Kobaltblau, *G*=gebrannter Ocker). 5. 8. 9. sind Farben der Oberfläche, die andern beziehen sich alle auf Spalten und Vertiefungen.

No.	Ort d. Beobachtung.	Gegenstand.	Procente.
1.	Leitergletscher	Schneelöcher von 5 Cent. Weite u. 1 Meter Tiefe	78 W. 21 C. 0,6 G.
2.	Similaun	Schmale Spalten im Firnmeere.	76 W. 23 C. 0,8 G.
3.	Niederjoch	Schneelöcher im Firnmeere	72 W. 27 C. 1,0 G.
4.	Firnmeer d. Pasterze	Blaues Licht d. Firnhöhlen	77 W. 22 C. 1,0 G.
5.	Küppeler Berg in Gurgl.	Blauer Schlagschatten auf den Firnen der Kleinleiten an der Oberfläche.	61 W. 39 C.
6.	Pasterze	Mühle von 10 Meter Tiefe	73 W. 26 C. 1,0 G.
7.	Thor des Marcellgletschers	Blaue Bänder im Innern	*a*) 81 W. 19 C. 0,6 G. *b*) 78 W. 21 C. 0,6 G. *c*) 76 W. 24 C. 0,6 G.

1) An einigen ganz dünnen Luftschichten, welche kleine Spalten ausfüllten, bemerkten wir mehrere Male ein ganz ausgezeichnetes Farbenspiel, die bekannten Farbenerscheinungen an dünnen Blättchen (Newton's Ringe). Sehr häufig waren sie besonders an dem (Wasser) Eise der Kolowratshöhle bei Salzburg.

No.	Ort d. Beobachtung.	Gegenstand.	Procente.
8.	Pasterze (Johannishütte) nächst d. Hütte	Farbe d. beschatteten Gletschers 5 Uhr Nachmittags Oberfläche.	69 W. 27 C. 4,0 G.
9.	Ebendaselbst bei den Burgställen	Farbe desselben in großer Entfernung. Oberfläche	73 W. 23 C. 4,0 G.
10.	München	Löcher in zusammengehäuftem frischgefall. Schnee von 1½ Meter Tiefe.	73 W. 27 C. 0,2 G.

Da gleichzeitig Versuche über die Farbe der Atmosphäre gemacht wurden, so dürfte es nicht unwichtig seyn, auch diese hier zu erwähnen. Das Blau der Atmosphäre enthält im Zenith schon bei 2000′ absoluter Höhe 40 Proc. C. und steigert sich bei 12000′ bis zu 92 Proc. C. Die meisten Beobachtungspunkte der obigen Tabelle befinden sich zwischen 6000 und 9000′ und die cyanometrische Färbung des Himmels beträgt

bei 6000′ 53 *W.*, 47 C.
bei 9000′ 74 *W.*, 74 C.

Die beobachteten Farben an Schnee und Eis sind demnach nicht nur heller als die Farbe der Atmosphäre in der betreffenden Höhe, sondern erreichen nicht einmal das Blau über den Hochebenen am nördlichen Fuſse der Alpen. Es war mir dieſs anfangs sehr überraschend, da die Firnhöhlen nur spärlich beleuchtet sind, was dunkle Farben erwarten lieſs. Allein die Differenz zwischen der Helligkeit der Himmels- und Gletscherfarben ist so groſs, daſs ich, einmal durch das Instrument aufmerksam gemacht, auch mit bloſsem Auge aufs deutlichste mich davon überzeugen konnte.

Die Farben der Oberfläche sind nach der herrschenden Beleuchtung sehr wechselnd; einmal (No. 5) erreichten sie beinahe das Blau eines mäſsig dunklen Firmamentes. Desto schöner ist es zu sehen, wie übereinstimmend die Helligkeit aller Vertiefungen ist; selbst an frisch gefallenem Schnee der Ebenen finden wir dieselbe schöne Farbe, wenn er nur hinlänglich tief ist. Die Höhendifferenz der Beobachtungspunkte (München 1500′, Similaun 11000′) ist so groſs, und die Helligkeit so ähnlich und von ihr unabhängig (Nie-

derjoch

derjoch 8000′ 72 W. München 72 W.), dafs die Höhe von keinem Einflusse seyn kann.

Wir erhalten vielmehr als mittleres Resultat aus den sechs Beobachtungen an Vertiefungen

74,9 W. 24,3 C. 0,8 G.,

was wir als die eigenthümliche Farbe des Wassers im festen Zustande betrachten dürfen, welche aber, wie an vielen anderen Körpern, erst bei hinlänglicher Dicke sichtbar wird [1]).

Cohäsion des Eises.

Nachdem wir die Formen und Eigenschaften des Eises in kleineren Massen und am Gletscher betrachteten, so weit sie uns durch Beobachtung und Experiment zugänglich sind, müssen wir noch eine andere Eigenschaft des Eises untersuchen, die sich vorzüglich an der Masse im Grofsen bemerkbar macht, und mit der Erklärung der wichtigsten Erscheinungen am Gletscher innig zusammenhängt, nämlich den Grad der Verschiebbarkeit seiner Theile.

Es ist diefs eine Eigenschaft, die in verschiedener Gröfse jedem festen Körper zukommt; wir erinnern, dafs man Glas zu pressen vermag, dafs es doppelt brechend wird, dafs das specifische Gewicht der Metalle durch Pressen oder Hämmern verändert wird u. s. w. Allein am Gletscher macht sich eine Verschiebbarkeit so entschieden bemerkbar, dafs man das Eis desselben beinahe als halbflüssig (Forbes) oder doch als plastisch (Agassiz) annahm. Die Erscheinungen, welche dazu veranlafst haben sind folgende:

1) Ueber die Farbe des Wassers vergl. Prof. Bunsen: *Colour of the water. Jameson new philos. Journ.* 1849 *p.* 95 und Martins, Jamesons ph. Journ. 43. 1847 S. 87. Zur Vervollständigung der physikalischen Eigenschaften des Eises mufs ich erwähnen, dafs das Eis nach den Untersuchungen von A. Erman (Gilb. Ann. Bd. XI, S. 165). die Elektricität nicht leitet, und dafs dasselbe nach den schönen Versuchen von Brunner (Pogg. Ann. Bd. 80, S. 173) ebenso wie der Wasserdampf stark diamagnetisch ist. Die Kürze dieser Mittheilung möge damit entschuldigt seyn, dafs diese Erscheinungen zu den Phänomenen am Gletscher in keinem näheren Zusammenhange stehen.

Der Gletscher geht auch durch Verengerungen des Thales in seiner ganzen Masse hindurch, während er als vollkommen starrer Körper, etwa durch Gleiten auf der Unterlage sich bewegend, durch solche Hindernisse unbeweglich festgehalten werden müfste.

Erreicht er dagegen eine Thalweitung, so nimmt er an Breite zu. Die einzelnen hierher gehörigen Beobachtungen werden uns bei den Fragen der Bewegung und der Structur beschäftigen [1]).

Die abwechselnden Lagen von blauem und weifsem Eise sind in der Nähe der Ufer vielfach gekrümmt und gebogen in ihrer Form, ganz analog den gewundenen Schichten des Schiefers. Diese treten überall auf, wo die Reibung und locale Hindernisse der Bewegung entgegenstehen.

Auch die Vertheilung der Bewegung ist hier zu berücksichtigen, denn der Gletscher zeigt an verschiedenen Punkten ungleiche Schnelligkeiten; er geht an der Oberfläche schneller als in der Tiefe (was sich aus der veränderten Stellung der blauen Bänder ableiten läfst), ferner in der Mitte schneller als am Rande.

Allein die Verschiebbarkeit der *Gletschermasse*, welche aus diesen Beobachtungen folgt, kann kaum als eine Eigenschaft des *Eises an sich* betrachtet werden. Es besitzt dieses ja wie Quarz, Glas und andere spröde Körper, einen scharfkantigen, entschieden muschligen Bruch. Wir können Blei, Gold u. s. w. durch härtere Metalle ritzen oder spitze Instrumente einführen ohne Bruchstücke zu erhalten, während das Eis dabei jedes Mal splittert, wenn wir die Vorsicht gebrauchen die Instrumente auf 0° abzukühlen; sonst wird die Beobachtung unmöglich, indem das Eis schmilzt. Auch die Risse, welche die blauen Bänder bedingen, die Spalten u. s. w. sprechen am Gletscher selbst für die Sprödigkeit des Eises. Vergleichen wir demnach Eis bei den uns gewöhnlichen Dimensionen mit anderen

1) Die Körnerauflockerung erstreckt sich, wie wir sahen, von der Oberfläche nur bis zu 3 Meter Tiefe. Der Gletscher kann demnach keineswegs als ein von Wasser durchtränktes Aggregat betrachtet werden.

Körpern, so können wir seine Zusammendrückbarkeit, die Verschiebbarkeit seiner Theile, nicht als vielmal bedeutender annehmen; ja es zeigt sich vielmehr als sehr spröder und zerbrechlicher Körper. Diefs scheinen auch einige directe Versuche zu bestätigen, welche ich über den Einflufs des Druckes auf die Zerspaltung des Eises im Laboratorium des Hrn. Prof. Magnus anstellte. Es sei mir erlaubt Demselben für seine gütige Theilnahme an diesen Versuchen meinen verbindlichsten Dank auszuprechen. Als der angewandte Druck der hydraulischen Presse 150 Pfund auf den Quadratzoll betrug, begann die Zerspaltung rechtwinklich auf den beiden Platten der hydraulischen Presse, also in der Richtung des Druckes einzutreten; die Zerspaltung setzte sich bei Vermehrung des Druckes auch in anderen Richtungen rasch fort; es war unvermeidlich, dafs das benutzte Eis einige Luftblasen enthielt, welche natürlich ebenfalls dazu beitrugen, die Zerdrückbarkeit etwas zu vermehren; ich mufs jedoch bemerken, dafs gerade das Gletschereis an letzteren sehr reich ist. Zur Beurtheilung der Sprödigkeit des Eises möge dienen, dafs selbst schlecht gebrannte Ziegel 300 bis 400 Pfund Druck auf den Quadratzoll (preufsisch) erlauben, während Porphyr 36200, Syenit 15200, Quarz 6100 Pfund Druck ertragen, ehe sie zerdrückt werden [1]).

Eine Verdichtung der Masse, ein Zusammendrücken derselben schien am Eise der Zersplitterung nicht oder nur in sehr geringem Grade vorauszugehen. Sie hätte sich an der Formveränderung einiger eingeschlossener, runder Luftblasen durch Abplattung erkennen lassen.

Im Gletschereise selbst kommen zwar flache Luftblasen oft in grofser Masse vor; sie scheinen gröfstentheils eine ursprünglich unregelmäfsige Form derselben zwischen den Firnkörnern zu seyn; gegen ihre Entstehung durch Compression spricht nicht selten der Umstand, dafs sie gewöhn-

1) Nach den Versuchen von Brix, Ganthey, Rondelet u. A. Ich verdanke den lithographirten Bericht über diese Versuche der gütigen Mittheilung des Hrn. geheimen Oberbaurathes Stüler in Berlin.

lich nur in kleinen Gruppen parallel sind, dagegen sehr oft in grofser Nähe ganz verschiedene Richtungen zeigen.

Eine ähnliche feine Zersplitterung des Eises wird auch am Gletscher in grofsen angehäuften Massen durch die Menge der Luftblasen, welche die Zerbrechlichkeit wesentlich unterstützen, eintreten; sie scheint vorzüglich die Bewegung des Gletschers auf schroffen Ebenen möglich zu machen; sie erlaubt dabei durch den Einflufs der Reibung die gröfsere Schnelligkeit an den dickeren Stellen, d. h. in der Nähe der Mitte, zu erklären. Die Bewegung selbst wird ebenfalls dazu beitragen die Zersplitterung zu vermehren durch die Hindernisse, welche ihm eine nicht glatte sondern stets rauhe und höckerige Unterlage entgegenstellt.

Der Infiltration scheinen diese Rifschen nicht zugänglich, sondern nur die (gröfseren) Haarspalten und Kanäle, welche gemeinschaftlich an Wassereis und Gletschereis durch die Einwirkung der äufseren Temperatur entstehen, und durch eintretende Luft, durch das circulirende Wasser und die Betheiligung der so zahlreich im Eise enthaltenen Luftblasen nach und nach erweitert werden. Diese Rifschen aber, welche durch den Druck und die Reibung hervorgebracht werden, sind demnach von der Körnerbildung unabhängig; ich bitte, sie nur als eine Voraussetzung zu betrachten, welche jedoch durch die Bewegung und Structur des Gletschers, andererseits durch die Sprödigkeit des Eises an sich, nicht unwahrscheinlich seyn dürfte. Dadurch scheint es zu geschehen, dafs der Gletscher im Grofsen so sehr die Formen einer plastischen Masse nachahmt [1]), worauf zuerst die zahlreichen und vortrefflichen Beobachtungen von Forbes, Agassiz, Martins etc. aufmerksam gemacht haben. Ich bedaure, in dieser Abhandlung diese letzteren Erscheinungen nur in Kürze berühren zu können; bei der Untersuchung der speciellen Phänomene

1) Die ungleiche Schnelligkeit einzelner Theile, die veränderte Stellung der blauen Bänder und das Durchgehen der Gletscher durch Thalverengerungen macht eine Erklärung der Bewegung durch ein einfaches Rutschen oder Gleiten unmöglich.

des Gletschers werde ich Gelegenheit haben, ausführlicher darauf zurückzukommen [1]).

Resultate.

1) Gletscher- und Wassereis zerfallen unter dem wechselnden Einflusse von Wärme und Kälte in ganz identische Formen.

2) die Luftblasen betheiligen sich sehr wesentlich bei der Bildung der Körner und wirken auf die Gestalt aller freien Oberflächen ein.

3) Die deutliche Körnerbildung erreicht mit Ausnahme der blauen Bänder eine Tiefe von 3 Metern im Maximum. Die Infiltration aber dringt in unregelmäfsig vertheilten Kanälen und einzelnen Haarspalten noch weit tiefer ein.

4) Die im weifsen Eise eingeschlossene Luft beträgt im Durchschnitte 6 Proc. Volumen.

5) Das Schmelzwasser absorbirt Luft bis zur Sättigung.

6) Die vom Wasser absorbirte Luft ist sauerstoffreicher, die beim Schmelzen des Eises austretende (der nicht absorbirte Rest) sauerstoffärmer als die Atmosphäre.

7) Die blaue Farbe der Vertiefungen in Schnee, Firn und Eis rührt nicht von reflectirtem Lichte des Firmamentes her, sondern ist die eigenthümliche Farbe des Wassers, im festen Zustande. Sie ist im Mittel identisch mit einem Gemenge von 74,9 Proc. Kremserweifs, 24,3 Proc. Kobalt und 0,8 Proc. gebranntem Ocker, daher stets heller als das Blau der Atmosphäre im Zenith für mittlere Breiten.

8) Das *Eis* zeigt überall, wo wir demselben begegnen, alle Eigenschaften eines festen ja sogar spröden Körpers. Jene Verschiebbarkeit der Masse, welche wir am *Gletscher* aus der Structur und Bewegung erkennen, scheint durch die feine Zersplitterung des Eises bedingt zu seyn, welche durch den Druck der bedeutenden Massen und ihre Reibung gegen die Unterlage entsteht.

1) Untersuchungen über die physik. Geographie der Alpen Cap. I. — VII.

II. *Ueber den elektrischen Entladungsstrom in einem dauernd unterbrochenen Schliefsungsbogen; von Peter Riefs.*

(Auszug. Berichte d. Akad. d. Wiss. 18. April 1850).

Bei den bisherigen Untersuchungen der elektrischen Entladung war der Schliefsungsbogen der Batterie entweder *voll*, das heifst: durchweg aus guten Leitern zusammengesetzt, oder er war an einer Stelle durch Luft oder einen anderen schlechten Leiter *unterbrochen*. Im zweiten Falle wurde die Entladung von solcher Stärke genommen, dafs sie den ganzen Bogen durchlief, indem sie die Lücke des unterbrochenen Bogens unter Funkenerscheinung durchbrach. Die Wirkungen der Entladung waren bei der einen und der anderen Beschaffenheit des Bogens sehr verschieden; man konnte aber auch, durch Steigerung der Dichtigkeit der entladenen Elektricitätsmenge, alle Erscheinungen des unterbrochenen Bogens im vollen hervorbringen. Darnach habe ich zwei Entladungsarten unterschieden, die im vollen Bogen vorkommen, die *continuirliche* Entladung, welche von einem Querschnitte des Bogens zum nächstfolgenden stetig fortgeht, und die *discontinuirliche*, bei welcher die Elektricität in einem Querschnitte stockt, auf einen entfernter liegenden Querschnitt durch Influenz wirkt und später die dazwischen liegende Masse des Bogens plötzlich durchbricht. Bei aller Verschiedenheit der Wirkung beider Entladungsarten treten aber einige unverkennbare Aehnlichkeiten ihrer Gesetze hervor; so die unveränderte Stärke des Entladungsstromes bei dem Glühen von Drähten verschiedener Länge und die Proportionalität des Stromes zum Quadrate des Querschnittes des glühenden Drahtes, welche beide Beziehungen sich den einfachen Wärmeformeln anschliefsen. Es war hiernach geboten, die beiden Momente der discontinuirlichen Entladung experimentell von einander zu trennen, die Wirkungen der Entladung in einem

dauernd unterbrochenen Schliefsungsbogen zu untersuchen, in einem Bogen also, in dem die Entladung an einem bestimmten Querschnitte stockt, ohne später die Lücke durchbrechen zu können.

Es war ein Condensator gebildet worden aus zwei vertical stehenden ebenen Messingscheiben, 81 Lin. Durchmesser, die parallel einander gegenüber standen und durch eine Guttapercha-Platte getrennt waren. Die eine Scheibe wurde durch einen Draht mit der äufseren, die andere mit der inneren Belegung einer geladenen Batterie verbunden. Man unterscheidet hiernach an den Schliefsungsbogen einen äufseren Draht und eine äufsere Scheibe, eine innere Scheibe und einen inneren Draht; der Uebergang von Elektricität aus der Batterie in die beiden Scheiben soll, der Kürze wegen, mit Entladung der Batterie bezeichnet werden. Als in den inneren oder äufseren Draht Platinspitzen eingeschaltet wurden, die durch einen mit Jodkaliumlösung genäfsten Papierstreifen verbunden waren, zeigte die durch die Entladung hervorgebrachte Zersetzung im zweiten Theile des Schliefsungsbogens einen Strom an von derselben Richtung, wie wenn die Unterbrechung durch den Condensator nicht vorhanden gewesen wäre. Die Dichtigkeit der Elektricität in diesem Strome hatte ein constantes Verhältnifs zu der elektrischen Dichtigkeit der Batterie, denn die Beobachtung der Schlagweite im äufseren Drahte zeigte diese proportional dem Quadrate der Dichtigkeit in der Batterie.

Um eine thermische Wirkung des Stromes, und damit ein Maafs seiner Stärke zu erhalten, mufste der Condensator bedeutend vergröfsert werden; diefs geschah, indem an seine Stelle mehrere zu einer Batterie vereinigte Flaschen gesetzt wurden, die im Folgenden als Condensatorflächen bezeichnet werden. Diese Einschaltung einer ungeladenen Batterie in den Schliefsungsbogen einer geladenen ist bereits von Hrn. Dove ausgeführt worden [1]), der damit die Wirksamkeit des hier betrachteten Stromes und die merkwürdige Thatsache aufgefunden hat, dafs ein nas-

1) Berichte d. Akad. 1814. 354 — 1846. 366.

ser Faden, in den inneren Draht eingeschaltet, die im äufseren Drahte beobachtete Wirkung des Stromes wesentlich verändert.

Stromstärke nach der Oberfläche des eingeschalteten Condensators. Die Formel, welche diese Abhängigkeit ausdrückt, ergiebt sich folgendermafsen. Die an einer Stelle eines constanten Schliefsungsbogens durch die Batterieentladung erregte Wärme hat den allgemeinen Ausdruck $\theta = aq_1 y$, wo y die Dichtigkeit, q_1 die Menge der Elektricität bezeichnet, die aus der Batterie in den Schliefsungsbogen *eingetreten ist.* Bei einer vollen Schliefsung ist diese eintretende Menge, wie früher gezeigt worden ist, stets proportional der Menge q, die sich in der Batterie *befindet;* es konnte daher, da a eine willkührliche Constante bezeichnet, überall bisher q_1 mit q vertauscht worden. Diefs ist nicht erlaubt, bei der Einschaltung eines Condensators in den Schliefsungsbogen, weil die von einem Condensator aufgenommene Elektricitätsmenge eine Function seiner Gröfse ist. Diese Function ist, wie ich bei der Untersuchung des Condensators gezeigt habe, im Allgemeinen nicht anzugeben. In dem vorliegenden Falle, wo Batterie und Condensator aus unter sich gleichen Flaschen bestehen, deren Anzahl allein geändert wird, hat die Prüfung gezeigt, dafs die Vertheilung der Elektricität sehr nahe im Verhältnisse der Oberflächen von Batterie und Condensator geschieht. Es bezeichne 1 die Gröfse der inneren Belegung einer Batterieflasche, s die Anzahl dieser Flaschen, f die Belegung einer Condensatorflasche, c die Anzahl, so geht von einer in der Batterie befindlichen Elektricitätsmenge q, auf den Condensator die Menge $\frac{fcq}{s+fc}$ über. Diefs ist offenbar die im inneren Drahte bewegte Elektricitätsmenge, deren Dichtigkeit der elektrischen Dichtigkeit gleich ist. Setzt man daher in $\theta = aq_1 y$ für q_1 den gefundenen Werth, für y den bekannten Werth $\frac{q}{s}$, so erhält man, da a eine willkührliche Constante bezeichnet,

$$\theta = \frac{aq^2}{\left(\frac{s}{c}+f\right)s}$$

für die Erwärmung in einem unterbrochenen Schliefsungsbogen durch die Entladung einer Batterie von s Flaschen, die mit der Elektricitätsmenge q geladen ist, wenn der eingeschaltete Condensator aus c Flaschen besteht. Die Belegung der von mir angewandten Batterieflasche betrug nahe 2,6, die der Condensatorflasche 1,5 □ Fufs so dafs bei der Anwendung der Formel überall $f = 0{,}577$ gesetzt worden ist. Die Formel hat sich allen beobachteten Erwärmungen an einer constanten Stelle sowohl des inneren als des äufseren Schliefsungsbogens vollkommen angeschlossen.

Stromstärke nach der Beschaffenheit des Schliefsungsbogens. Wenn die Erwärmung an einer Stelle des Schliefsungsbogens untersucht, und dann zu dem Bogen ein Draht hinzugesetzt wird, dessen Länge l, Radius r, und dessen, von seinem Metalle abhängige, Verzögerungskraft x ist, so wird die Erwärmung durch die Formel ausgedrückt

$$\theta = \frac{aq^2}{(1+bV)\left(\frac{s}{c}+f\right)s},$$

worin $V = \frac{lx}{r^2}$ und die Constante b empirisch bestimmt werden mufs. Bei der Bestätigung dieser Formel durch die angestellten Beobachtungen wurde der Werth von b etwas gröfser gefunden bei Einschaltung der Drähte in den äufseren, als bei Einschaltung in den inneren Schliefsungsbogen, so dafs also ein und derselbe Draht den Entladungsstrom weniger schwächt, wenn er zu dem inneren, als wenn er zu dem äufseren Bogen hinzugesetzt wird. Muthmafslich ist dieser geringe Unterschied bei der Aenderung des Stromes kein wesentlicher, sondern rührt davon her, dafs in allen angestellten Versuchen der äufsere Schliefsungsbogen zur Erde vollkommen abgeleitet, der innere hingegen isolirt war.

Stromstärke im inneren und äufseren Schliefsungsbogen. Von zwei gleichen Drähten wurde der eine in den inneren, der andere in den äufseren Schliefsungsbogen befestigt; die aus einer Beobachtungsreihe berechnete Erwärmung des ersteren Drahtes verhielt sich zu der des zweiten wie 559 zu 509. Diefs Verhältnifs ist von dem Glase und der Oberfläche der Batterie- und Condensator-Flasche abhängig; aber wesentlich ist, dafs die Stromstärke im inneren Drahte gröfser sey, als im äufseren. Es bezeichne m das Verhältnifs der Influenzelektricität zu der erregenden Elektricität auf den Belegungen der Batterieflasche, eine gleiche Bedeutung habe μ in Bezug auf die Condensatorflasche. Durch die Entladung sey von der inneren Belegung der Batterie die Elektricitätsmenge $+1$ fortgegangen, so verliert die äufsere Belegung die Menge $-m$. Erhält die innere Belegung des Condensators die Menge $+1$, so geht von seiner äufseren $+\mu$ fort, und ebenso mufs, da seine äufsere Belegung die Menge $-m$ aufnimmt, von seiner inneren $-m\mu$ fortgehen. Es sind daher auf dem inneren Schliefsungsbogen in Bewegung die Mengen $+1$ und $-m\mu$, auf dem äufseren die Mengen $+\mu$ und $-m$. Da nun $(1+m\mu)-(m+\mu)=(1-m)\ (1-\mu)$, die Gröfsen m und μ aber stets kleiner als 1 seyn müssen, so ist $1+m\mu$ stets gröfser als $m+\mu$, das heifst, es ist auf dem innern Bogen eine gröfsere Elektricitätsmenge in Bewegung, als auf dem äufseren. Es ist dabei noch zu berücksichtigen, dafs, wie sich sogleich zeigen wird, die Elektricitätsmenge auf dem äufseren Bogen zu grofs angesetzt worden ist.

Die Seitenentladung an dem unterbrochenen Schliefsungsbogen. Bei der Seitenentladung im vollen Schliefsungsbogen [1]) ist die Länge des Funkens im Seitendrahte dem Quadrate der Dichtigkeit der Elektricität in der Batterie proportional und desto kleiner gefunden worden, je weiter entfernt von dem Ende des Schliefsungsbogens, das die innere Belegung der Batterie berührt, die Seitenentladung

1) Abhandlungen d. Akad. 1849. Berichte S. 46.

beobachtet wurde. Zugleich blieb der isolirte Seitendraht stets mit der Elektricitätsart geladen zurück, die sich im Inneren der Batterie befand. Die Untersuchung der Erscheinung am unterbrochenen Bogen gab dieselben Bestimmungen mit alleiniger Ausnahme, dafs, wenn die Seitenentladung am äufseren Bogen hervorgebracht war, der Seitendraht die der Elektricität der Batterie entgegengesetzte Art zeigte. Es mögen m und μ die im vorigen Abschnitte angegebene Bedeutung haben. Geht die Elektricitätsmenge $+p$ aus der innern Belegung der Batterie fort und nimmt die innere Belegung des Condensators die Menge $+p_1$ auf, so sieht man leicht, dafs auf dem äufseren Schliefsungsbogen die Mengen $\mu p_1 - mp$ vorhanden waren. Da nun diese Summe, wie sich aus der Seitenentladung entnehmen liefs, selbst in dem Falle negativ blieb, wo, durch Anwendung von zwei Flaschen der Batterie als Condensator, $m = \mu$ war, so folgt, dafs p_1 kleiner als p seyn mufste, also nur ein Theil der aus der Batterie entladenen Elektricitätsmenge in den Condensator übergegangen war. Der übrige Theil war auf dem inneren Schliefsungsbogen zurückgeblieben; von der im vorigen Abschnitte auf dem äufseren Bogen in Bewegung angenommenen Elektricitätsmenge mufs daher $\frac{p - p_1}{p} \mu$, eine in allen Fällen positive Gröfse, abgezogen werden.

Stromstärke bei Einschaltung von zwei Condensatoren in die Schliefsung. Die Einschaltung eines Drahtes in einen Theil des unterbrochenen Schliefsungsbogens verlängert, wie die oben angeführte Formel lehrt, die Dauer des Entladungstromes; es war die Frage, ob die Einschaltung eines zweiten Condensators denselben Erfolg haben werde. Hierzu wurde zuerst die Erwärmung an einer constanten Stelle des inneren wie des äufseren Schliefsungsbogens beobachtet, wenn nur ein Condensator, und wenn hinter diesem ein zweiter Condensator im Schliefsungsbogen vorhanden war. Alsdann wurde, durch Bestimmung der Schlagweite des dem Innern der Batterie nächsten Condensators,

die in beiden Fällen aus der Batterie entladene Elektricitätsmenge gemessen. Diese Messung bestätigte nebenbei die zu Anfange gemachte Annahme der Vertheilung der Elektricität nach der Oberfläche der Batterie und des Condensators. Das Verhältnifs der im Schliefsungsbogen bewegten Elektricitätsmengen erklärte die bedeutende Verringerung der Erwärmung, die der zweite Condensator durch seine Einschaltung hervorgebracht hatte. — In dem Ausdrucke $\frac{q_1 y}{1+bV}$, der für die Stärke des Entladungstromes in einem durch einen constanten Condensator unterbrochenen Bogen gilt, hängt im Allgemeinen der Zähler von der Ladung der Batterie, der Nenner von der Beschaffenheit des Schliefsungsbogens ab. Die Einschaltung eines zweiten Condensators hat das Eigenthümliche, dafs durch sie nur q_1 (die aus der Batterie entladene Elektricitätsmenge) geändert wird, und diese Einschaltung daher einer Aenderung der Ladung der Batterie gleichzusetzen ist.

Die beobachteten Wirkungen der Entladung im dauernd unterbrochenen Schliefsungsbogen schliefsen sich, unter Berücksichtigung der verschiedenen Bedingungen, so genau den Wirkungen im vollen Bogen und ihren Gesetzen an, dafs sich in beiden Fällen derselbe Mechanismus der Entladung [1]) voraussetzen läfst. Es mufs auch hier die Gesammtentladung aus einer grofsen Menge von Partialentladungen zusammengesetzt seyn, von welchen jede so lange dauert, bis der elektrische Zustand des Schliefsungsbogens an jedem seiner Enden, welche die Belegungen der Batterie berühren, das andere Ende erreicht hat. Eine Verzögerung der Fortschreitung dieses Zustandes an einer Stelle des Bogens mufs die Dauer jeder Partialentladung und damit die der Gesammtentladung verlängern. Hierdurch ist die Abhängigkeit der Wirkung der Entladung in dem einen Theile des Schliefsungsbogens von der Beschaffenheit des anderen Theiles um Nichts auffallender, als die Abhängigkeit des

1) Pogg. Annal. Bd. 78, S. 433.

Entladungsstromes von jedem Theile eines vollen Bogens. Unabhängig von dem Fortschreiten der beiden Elektricitäten in der Masse des Bogens ist die Anordnung des Ueberschusses an Elektricität auf seiner Oberfläche; diefs tritt hier noch evidenter als bei dem vollen Bogen hervor, indem trotz des überall gleichen Stromes die angehäufte Elektricität im inneren Bogen positiver, im äufseren negativer Art ist. Der Unterschied des Stromes im vollen und im unterbrochenen Bogen ist daher nur der, dafs im letzteren die Menge der bewegten Elektricität nicht nur durch die Batterie, sondern auch durch die Untersuchungsstelle bestimmt wird, und das diese Menge während ihrer Bewegung an der Unterbrechungsstelle selbst eine Verringerung erleidet. Werden mehrere Condensatoren hinter einander in den Schliefsungsbogen eingeschaltet, so durchläuft der Entladungsstrom alle einzelne Drähte, die entweder eine Belegung der Batterie mit einem Condensator, oder zwei Condensatoren mit einander verbinden. Nach der einen Richtung wird in den aufeinander folgenden Drähten die positive Elektricität, nach der anderen die negative abnehmen, so dafs an den beiden Drähten, welche die Belegungen der Batterie berühren, der eine die gröfste Menge positiver und die kleinste negative Elektricität erhält, in dem anderen das entgegengesetzte Verhalten stattfindet. Diese Abnahme ist jedoch keine, der Vorstellung dieser Entladungsweise wesentliche Bedingung; sie hängt von der Entfernung je zweier Condensatorscheiben ab und fällt fort, wenn wir uns diese einander unendlich nahe gerückt denken. In diesem Falle giebt der beschriebene Vorgang eine anschauliche Vorstellung der *continuirlichen* Entladung. Läfst man andererseits zwei Condensatorscheiben in endlicher Entfernung von einander, steigert aber die Dichtigkeit der Elektricität in der Batterie, so dafs der Zwischenraum zwischen den Scheiben durchbrochen wird, so erhält man die *discontinuirliche* Entladung. Es folgt hieraus, dafs jeder discontinuirlichen Entladung eine Entladung mit unterbrochenem Bogen vorangeht, die, nach der vorliegenden Unter-

suchung, ähnliche Wirkungen wie die continuirliche Entladung hervorbringt. Dieser Umstand erklärt die zu Anfange aufgeführten Gesetze, welche die discontinuirliche Entladung mit der continuirlichen gemein hat.

Der getrennte Entladungsstrom. In der vorliegenden Untersuchung waren die Scheiben oder Belegungen des Condensators, der den Schliefsungsbogen unterbrach, einander sehr nahe gestellt gewesen; entfernt man sie immer mehr von einander, so wird die Wirkung der einen Scheibe auf die andere immer kleiner und zuletzt unmerklich. Auch in diesem Falle ist in beiden Drähten ein elektrischer Strom vorhanden, von dem man sich leicht durch Einschaltung eines Zersetzungsapparates überzeugt. Dieser Strom, der als getrennter Strom bezeichnet werden kann, entsteht durch die allen Entladungsströmen wesentliche Bedingung, durch den Ladungszustand der Batterie und die, durch die beiden Drähte abwechselnd bewirkte, Aufhebung und Wiederherstellung dieses Zustandes. Die Zerfällung der Gesammtentladung in ihre Partialentladungen erklärt auch hier den beobachteten Einflufs, den die Beschaffenheit jedes der beiden Drähte auf den Strom äufsert. Die erste Partialentladung besteht darin, dafs der innere Draht durch Fortführung eines Elektricitätsquantum aus dem Inneren der Batterie den Ladungszustand aufhebt und der äufsere Draht durch Fortschaffung eines entsprechenden Quantum von der äufseren Belegung der Batterie diesen Zustand wiederherstellt. Erst wenn beide Drähte wieder unelektrisch geworden, kann die zweite Partialentladung folgen; es mufs daher die Dauer der Gesammtentladung von der Beschaffenheit jedes der beiden Drähte abhängen. Die beiden Leiter (früheren Condensatorscheiben) an den Enden der Drähte haben auf die Dauer des Stromes keinen Einflufs, bestimmen aber die Elektricitätsmenge, die während der ganzen Entladung aus der Batterie fortgeführt wird. Sind die beiden Leiter in Bezug zur Batterie sehr grofs, so wird die Batterie vollständig entladen und man erhält dann in jedem der beiden Drähte alle Wirkungen, die sich an ei-

nem vollen Schliefsungsbogen zeigen. — Die äufsere Belegung einer Batterie wurde mit den Gasröhren des Hauses verbunden, die innere mit einem Drahte berührt, der isolirt bis zum Erdboden geführt und mit seinem Ende darin versenkt war. Hier konnten die Erwärmungen im Drahte und ihre gesetzmäfsige Abhängigkeit von der Stärke der Ladung der Batterie aufgezeigt werden. Gegen eine Deutung dieses Versuches, als ob die zwischen den Enden der beiden Drähte liegende Erdschicht eine vollkommene Schliefsung der Batterie bewirke, da zwar die Erdmasse specifisch schlecht leite, hier aber mit einem aufserordentlich grofsen Querschnitte eintrete, sprechen nicht nur frühere Erfahrungen über die Entladung der Batterie, sondern auch bei dem Versuche selbst auftretende Erscheinungen, die sich mit jener Annahme nicht vereinigen lassen.

In Bezug auf den voltaischen Strom sind, bei Gelegenheit der elektrischen Telegraphen, zwei verschiedene Annahmen gemacht worden. Man hat die Erdmasse zwischen den Enden eines gerade ausgespannten, viele Meilen langen, Drahtes, in den eine voltaische Batterie eingeschaltet ist, theils als eine die Batterie schliefsende Verbindung angesehen, theils als eine Ableitung für die Elektricität beider Pole, was man durch die Bezeichnung des Erdkörpers als *reservoir commun* auszudrücken scheint. Wurde die Erde als verbindender Leiter angesehen, so mufste ihr Widerstand bestimmt, das heifst die Länge eines bekannten Drahtes angegeben werden, dessen Einschaltung den Strom ebenso verringert, wie die Einschaltung des Erdkörpers. Dieser Widerstand ist verschieden angegeben und zuletzt auf eine Gröfse formulirt worden, die nur von der Gröfse der Berührung zwischen Metallleiter und Erdreich abhängt und von der Entfernung der Enden der Metallleiter unabhängig ist. Daneben hat man durch telegraphische Versuche die Zeit der Fortpflanzung der Entladung in der Erde zu bestimmen gesucht und von der Entfernung der Drahtenden abhängig zu finden geglaubt, und den Versuch ausgeführt, von der Erde einen Zweigstrom in Drähten zu erhalten. Dieser

letzte Versuch, dessen Thatsächlichkeit nicht zu bezweifeln ist, widerspricht aber nach den Gesetzen der Zweigströme der Annahme, dafs die Erde ein die Batterie schliefsender Leiter sey, während er die entgegengesetzte Annahme zwar nicht unterstützt, ihr aber nicht widerstreitet. Diese mehrfachen Widersprüche dürften schon für sich der Meinung den Vorzug geben lassen, dafs auch bei dem voltaischen Strome keine Leitung von einem Drahtende zu dem andern durch die Erde stattfindet, und die hier angestellte Untersuchung der Erscheinungen der Reibungselektricität die richtige Erklärung an die Hand geben. Hiernach ist der voltaische Strom im elektrischen Telegraphendraht als ein getrennter Strom, und die Erdschichten an den Enden des Drahtes sind als zwei für sich wirkende Ableitungen anzusehen, bei welchen es gleichgültig ist, dafs sie Theile des zusammenhängenden Erdkörpers sind.

III. *Abänderung der Laplace'schen Barometerformel.*

Um des Gebrauchs von Logarithmen- und anderen Tafeln überhoben zu seyn, schlägt Hr. Babinet vor, statt der Laplace'schen Barometerformel

$$z = 18393^{m} (\log H - \log h) \left[1 + \frac{2(T+t)}{1000}\right]$$

die folgende anzuwenden:

$$z = 16000^{m} \frac{H-h}{H+h} \left[1 + \frac{2(T+t)}{1000}\right].$$

Sie ist indefs nur für Höhen unter 1000 Meter gültig; für gröfsere Höhen, und wenn man sich mit keiner Approximation begnügen kann, hat man eine intermediäre Station zu Hülfe zu nehmen. (*Compt. rend. T. XXX. p.* 309).

IV.

IV. *Berichtigung der von Rudberg berechneten Axenwinkel der zweiaxigen Krystalle; von E. Wilde.*

Hauptsächlich in der Absicht, die Fresnel'sche Theorie der doppelten Brechung zu prüfen, hat Rudberg bekanntlich für einige zweiaxige Krystalle die Winkel, die von den beiden optischen Axen gebildet werden, nach dieser Theorie berechnet, und die Resultate der Rechnung mit seinen Messungen verglichen [1]). Bei dem Arragonit findet er aber zwischen der Rechnung und Beobachtung eine Differenz von 2°, und bei dem farblosen Topas sogar eine Differenz von mehr als 8°. Rudberg sucht zwar diese so bedeutenden Differenzen, beim Arragonit wenigstens, daraus zu erklären, dafs bei den Messungen die Stellen der beiden Axenpole sich nicht genau erkennen lassen; man würde indefs, wenn die Fresnel'sche Theorie durchgängig und bei allen Krystallen Fehler von solcher Gröfse zuliefse, nicht jeden Zweifel an ihrer Wahrheit unterdrücken können. So verhält es sich aber nicht, sondern Rudberg hat hier vielmehr die Fresnel'sche Theorie nicht in ihrem wahren Sinne angewandt.

Werden mit v und v' die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der beiden, senkrecht auf einander polarisirten Strahlen von beliebiger Richtung bezeichnet, in welche sich ein einfallender bei seinem Eintritte in die zweiaxigen Krystalle spaltet, und sind ε und ε' die Winkel zwischen diesen Strahlen und den optischen Axen, so hat man, sagt Rudberg, *im Sinne der Emanationstheorie* für die Geschwindigkeit des einen Strahles die Gleichung:

$$(1) \quad v^2 = A + B \sin^2 \tfrac{1}{2}(\varepsilon - \varepsilon'),$$

in welcher A und B Constante sind, und für die des anderen die Gleichung:

1) Diese Annalen Bd. 17, S. 1.

$$(2)\quad v'^2 = A + B\sin^2\tfrac{1}{2}(\varepsilon+\varepsilon'),$$

in Folge der Fresnel'schen Theorie zu nehmen. Wolle man aber die Geschwindigkeiten *im Sinne der Undulationstheorie* berechnen, so müsse man in diesen Formeln $\frac{1}{v}$ und $\frac{1}{v'}$ statt v und v' setzen. Weil sie jedoch, im Sinne der Emanationstheorie angewandt, einfacher sind, und weil dann zugleich die Geschwindigkeiten der Strahlen in den Krystallen durch die Brechungsexponenten selbst angegeben werden, sobald ihre Geschwindigkeit in der Luft zur Einheit genommen ist: so wolle er seine Rechnungen lieber für die Emanationstheorie durchführen.

Rudberg hatte, um die zur Berechnung des Axenwinkels erforderlichen Brechungsexponenten zu bestimmen, drei Arten von Prismen aus dem Arragonit schleifen lassen. In der einen Art, welche ich das Prisma P nennen will, war die Kante des brechenden Winkels parallel mit der *Mittellinie* (Fig. 1. Taf. IV.) dd', welche den spitzen Winkel $xcy = \alpha$ der beiden optischen Axen xw und yz halbirt. In der anderen Art, die das Prisma Q heifsen soll, war die brechende Kante parallel mit der Linie ff', die senkrecht steht auf der Mittellinie dd'. In der dritten Art endlich, welche ich das Prisma R nennen will, war die brechende Kante parallel mit einer Linie, die man senkrecht auf der Ebene der Axen (der Ebene der Zeichnung) in c zu denken hat.

Für das Prisma P, dessen brechende Kante parallel mit der Mittellinie dd' ist, stellt ff' den Durchschnitt der auf der Ebene der Zeichnung senkrechten Durchgangsebene der beiden gebrochenen Strahlen vor, und es ist in diesem Falle jedesmal die Summe der Winkel $\varepsilon+\varepsilon'=180°$. Denn ist sc die Richtung des einen oder anderen Strahles in der durch ff' gehenden und auf der Zeichnung senkrechten Ebene, sind also die Bogen sx und sy die Maafse der Winkel ε' und ε, so ist, wenn man den Bogen ε um den Bogen sz zu 180° ergänzt, der Bogen sx so grofs, als sz. In den beiden sphärischen Dreiecken $cfsx$ und $cfsz$ ist

nämlich der Winkel scf derselbe, ferner der Winkel $fcx = f'cy = fcz$, und der Neigungswinkel der Ebene cfs gegen die Ebene der Axen in beiden Dreiecken ein rechter. Man hat also $\varepsilon + sz = 180^\circ = \varepsilon + sx = \varepsilon + \varepsilon'$, folglich $\varepsilon - \varepsilon' = 180^\circ - 2\varepsilon'$, und aus (1) und (2):

$$(3)\quad v^2 = A + B\cos^2\varepsilon'$$

$$(4)\quad v'^2 = A + B,$$

so dafs v' in diesem Falle constant ist.

Für das Prisma Q, in welchem die brechende Kante parallel mit ff' ist, und die Durchgangsebene der gebrochenen Strahlen durch die Mittellinie dd' geht, sind offenbar die beiden Winkel ε und ε' jedesmal gleich. Es ist daher für diefs Prisma:

$$(5)\quad v^2 = A$$

$$(6)\quad v'^2 = A + B\sin^2\varepsilon',$$

in diesem Falle also die Geschwindigkeit v constant.

Für das Prisma R endlich, in welchem die brechende Kante senkrecht auf der Ebene der Axen steht, die auf dieser Kante senkrechte Durchgangsebene der gebrochenen Strahlen also in die Ebene der Axen fällt, ist jedesmal $\varepsilon = \varepsilon' + \alpha$, folglich $\varepsilon - \varepsilon' = \alpha$, und $\varepsilon + \varepsilon' = 2\varepsilon' + \alpha$, mithin

$$(7)\quad v^2 = A + B\sin^2\frac{\alpha}{2}$$

$$(8)\quad v'^2 = A + B\sin^2\left[\varepsilon' + \frac{\alpha}{2}\right],$$

und in diesem Falle, wie im zweiten, die Geschwindigkeit v constant, weil der Axenwinkel α einen constanten Werth hat.

In einem der beiden Spectra haben also für jedes der drei Prismen die Strahlen eine constante Geschwindigkeit, und zwar sind in Folge der Fresnel'schen Theorie diese Strahlen von constanter Geschwindigkeit jedesmal diejenigen, in denen die Aethervibrationen parallel mit der jedesmaligen brechenden Kante erfolgen. Rudberg konnte daher diefs Spectrum von dem anderen mit veränderlicher Geschwindigkeit der Strahlen durch eine Turmalin-

platte, die vor das Ocular des Fernrohres gebracht war, durch welches die Farben der Spectra betrachtet wurden, leicht unterscheiden, da eine solche Platte bekanntlich nur die mit ihrer Axe parallelen Aethervibrationen durchläfst. Das Spectrum, welches sichtbar blieb, wenn die Axe des Turmalins parallel mit der brechenden Kante gehalten wurde, entstand nämlich jedesmal durch Strahlen von constanter Geschwindigkeit.

Mit seiner unübertroffenen Sorgfalt bestimmte nun Rudberg die Brechungsexponenten für die Strahlen von constanter Geschwindigkeit in jedem der drei Arragonitprismen *P*, *Q*, *R* nach derselben Methode, nach welcher er auch die Brechungsexponenten des Kalkspaths und Bergkrystalls gefunden hatte, für jede der sieben Fraunhofer'schen Linien besonders, und erhielt z. B. für die Linien *H*, *E*, *D*, *B* die Werthe so, wie sie in folgender Tabelle angegeben sind:

Arragonit.
Brechungsexponenten der Strahlen von constanter Geschwindigkeit

Strahl.	im Prisma *P*.	im Prisma *Q*.	im Prisma *R*.
H	1,54226	1,71011	1,70509
E	1,53264	1,69084	1,68634
D	1,53013	1,68589	1,68157
B	1,52749	1,68061	1,67631

Bezeichnet man mit Rudberg den Brechungsexponenten für das erste Prisma und für die gelben Strahlen, die zur Linie *D* gehören, mit n', für das zweite mit n''', und für das dritte mit n'', so hat man also *im Sinne der Emanationstheorie* aus (5):

$$n'''^2 = 1,68589^2 = 2,84222 = A,$$

ferner aus (4):

$$n'^2 = 1,53013^2 = 2,34129 = A + B, \text{ woraus}$$

$$B = n'^2 - n'''^2 = -0,50093,$$

endlich aus (7):

$$n''^2 = 1,68157^2 = 2,82768 = A + B \sin^2 \frac{\alpha}{2},$$

so dafs

$$\sin\frac{\alpha}{2}=\left[\frac{n''^2-n'''^2}{n'^2-n'''^2}\right]^{\frac{1}{2}}=\left[\frac{1454}{50093}\right]^{\frac{1}{2}}=\sin 9^\circ\, 48',$$

und der ganze Axenwinkel $\alpha=19^\circ\, 36'$. Werden die Axenwinkel auch für die anderen Fraunhofer'schen Linien in derselben Weise berechnet, so bekommt man folgende Tabelle:

Strahl.	Berechnete wahre Axenwinkel des Arragonits.
H	20° 25'
E	19 53
D	19 36
B	19 44

An einer Arragonitplatte, deren parallele Oberflächen (Fig. 2. Taf. IV.) *AB* und *ab* senkrecht gegen die Ebene der optischen Axen *PQ* und *pq* geschliffen waren, fand nun Rudberg durch wiederholte Messungen den *scheinbaren* Winkel $phP=\beta$ der optischen Axen (den Winkel, den die in der Richtung der Axen durch den Krystall gehenden Strahlen nach ihrer Brechung in die Luft mit einander bilden) ungefähr 32°. Es mufs sich also, wenn die Messungen mit der Theorie übereinstimmen, aus den vorstehenden *wahren* Axenwinkeln $pcP=\alpha$ (die von den Axen im Krystall wirklich gebildet werden) eben dieser scheinbare Winkel ergeben.

Die Geschwindigkeiten der beiden Strahlen, die in der Richtung einer jeden der beiden Axen den Krystall durchdringen, sind nicht blofs constant, sondern auch gleich, indem dann aus (1) und (2) für $\varepsilon'=0$ und $\varepsilon=\alpha$:

$$v^2=v'^2=A+B\sin^2\frac{\alpha}{2}.$$

Diese beiden Strahlen, die längs jeder Axe eben deshalb ungetrennt fortgehn, weil ihre Geschwindigkeit eine gleiche ist, spalten sich jedoch bei ihrem Austritte in die Luft in *P* und *p*, und es befolgt nur der eine von ihnen, dessen Vibrationen der brechenden Kante parallel sind, das Gesetz des Snellius. Da die Durchgangsebene beider Strah-

len hier in der Ebene der optischen Axèn liegt, so mufs man für $\alpha = 19^\circ 36'$ den zu D gehörigen Brechungsexponenten $n'' = 1,68157$ des Prisma R nehmen, und hat daher für diesen in gewöhnlicher Art gebrochenen Strahl:

$$\sin dph = \sin \frac{\beta}{2} = n'' \sin qpe = n'' \sin \frac{\alpha}{2}$$
$$= 1,68157 \sin 9^\circ 48' = \sin 16^\circ 38',$$

so dafs $\beta = 33^\circ 16'$. Berechnet man in dieser Weise noch die scheinbaren Winkel für H, E und B, so erhält man folgende Tabelle:

Strahl.	Berechnete scheinbare Axenwinkel des Arragonits.
H	35° 10′
E	33 51
D	33 16
B	33 24

so dafs der Mittelwerth ungefähr 34° beträgt, und die Beobachtung von der Rechnung um etwa 2° abweicht.

Rudberg, der als den Grund dieser Differenz die Unsicherheit ansieht, die von der Messung der scheinbaren Axenwinkel untrennbar ist, sucht die Ursache dieser Unsicherheit besonders darin, dafs die beiden Strahlen, die in den Krystallen längs jeder Axe sich ungespalten fortbewegen, bei dem Austritte in die Luft sich trennen. So berechnet er für die Stelle H des Spectrums den Winkel, um den sie beim Arragonit getrennt werden, auf $2^\circ 7' 20''$. Bei den Messungen werden aber die Axenpole in der Mitte der weifsen, von farbigen Ringen umgebenen Curven genommen, und hier würde man die Axenpole auch wirklich sehn, wenn die beiden Strahlen, die ungetrennt längs jeder Axe durch den Krystall gingen, in Richtungen, die denen der einfallenden parallel sind, austreten würden. Da aber die austretenden Strahlen divergiren, so entstehe eben hierdurch die grofse Ungenauigkeit in der Bestimmung der scheinbaren Axenwinkel.

In derselben Weise, wie bei dem Arragonit, bestimmte Rudberg mittelst der Prismen P, Q, R auch die Brechungs-

exponenten für den farblosen Topas, und fand für dieselben folgende Werthe:

Topas.
Brechungsexponenten der Strahlen von constanter Geschwindigkeit

Strahl.	im Prisma *P*.	im Prisma *Q*.	im Prisma *R*.
H	1,63506	1,62539	1,62745
E	1,62408	1,61452	1,61668
D	1,62109	1,61161	1,61375
B	1,61791	1,60840	1,61049

woraus sich die Axenwinkel für eben diese Strahlen ergeben, wie folgt:

Strahl.	Berechnete wahre Axenwinkel des Topas.
H	54° 54′
E	56 40
D	56 37
B	55 52

Als Mittelwerth erhält man also 56°. Brewster aber hat den wahren Winkel der optischen Axen im Topas = 65°, und Biot ihn = 64° 14′ gefunden, so dafs die Differenz hier 8 bis 9 Grade beträgt.

Da es mir nicht wahrscheinlich schien, dafs der von Rudberg angegebene Grund so grofse Differenzen in den berechneten und beobachteten Axenwinkeln zur Folge haben könne, so unterwarf ich die vorstehenden Rechnungen einer genaueren Prüfung, und überzeugte mich durch dieselbe, dafs Rudberg die Fresnel'schen Gleichungen nicht in ihrer wahren Bedeutung genommen habe, dafs aber, wenn diefs geschieht, die Theorie im Einklange mit den Beobachtungen ist, wie aus dem hier Folgenden hervorgehn wird.

Fresnel, der seine Theorie der doppelten Brechung nicht im Sinne der Emanations-, sondern vielmehr in dem der Undulationstheorie durchgeführt hat, giebt, wenn die Buchstaben v, v', ε, ε' die vorige Bedeutung behalten, für

die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der beiden entgegengesetzt polarisirten Strahlen, in welche sich ein einfallender in den zweiaxigen Krystallen spaltet, die Ausdrücke an [1]):

$$(9) \quad v^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \tfrac{1}{2}(\varepsilon - \varepsilon')$$

$$(10) \quad v'^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \tfrac{1}{2}(\varepsilon + \varepsilon'),$$

die zugleich die Geschwindigkeiten der beiden entgegengesetzt polarisirten Strahlen in den einaxigen Krystallen umfassen.

Für die *einaxigen* Krystalle fallen nämlich die beiden Axen, auf welche sich diese Gleichungen beziehen, in eine einzige, folglich auch die beiden Winkel ε und ε' in einen gleichen Werth φ zusammen, und so gehen die Gleichungen in diesem Falle in die Formen über:

$$(11) \quad v^2 = b^2$$

$$(12) \quad v'^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \varphi,$$

so dafs $v = b$ die in allen Durchgangsrichtungen durch die Krystalle stets gleich bleibende Geschwindigkeit der sogenannten *gewöhnlichen* (*ordinären*), und v' die in verschiedenen Richtungen veränderliche Geschwindigkeit der *ungewöhnlichen* (*extraordinären*) Strahlen ist. Die Geschwindigkeit dieser letzteren hat in den *negativen* einaxigen Krystallen, für welche im Sinne der Undulationstheorie $a > b$, ihr Maximum a für $\varphi = 90^\circ$, wenn also die Strahlen in einer gegen die Axe senkrechten Richtung durch den Krystall gehen, ihr Minimum b aber für $\varphi = 0^\circ$, wenn die Richtung der Strahlen mit der Axe zusammenfällt. In den *positiven* einaxigen Krystallen dagegen, für welche in der Bedeutung der Undulationstheorie $a < b$, wird aus dem Maximum das Minimum und umgekehrt.

Bekanntlich stehen im Sinne der Emanationstheorie die Geschwindigkeiten der Lichtstrahlen in der Luft und in einem anderen brechenden Mittel im umgekehrten Verhältnifs

1) *Mém. de l'acad. des sciences de l'Inst. de France*, 1827. *tom. VII. pag.* 45 in dem *Mém. sur la double réfraction.* Ferner *Éléments de phys. expérimentale par Pouillet, trois. édit. tom. II. pag.* 341. Diese Annalen Bd. 23, S. 372.

ihrer Brechung in diesen beiden Mitteln, im Sinne der Undulationstheorie aber im geraden Verhältnifs der Brechung, wenn in beiden Fällen ihre Geschwindigkeit in der Luft zur Einheit genommen wird. So verhält sich die Geschwindigkeit des Lichtes in der Luft zu der im Wasser für die Emanationstheorie wie 3:4, so dafs $\frac{4}{3}$ (der gerade Brechungsexponent) seine Geschwindigkeit im Wasser ist; für die Undulationstheorie aber ist diese letztere $=\frac{3}{4}$ (der umgekehrte Brechungsexponent).

Um diefs auf den Kalkspath anzuwenden, so fand Malus [1]) mittelst eines Prisma aus diesem Krystalle, in welchem die brechende Kante der Axe parallel war, den für alle Durchgangsrichtungen constanten Brechungsexponenten der gewöhnlichen Strahlen $=1,6543$, und den *kleinsten* Brechungsexponenten der ungewöhnlichen, wenn sie im Krystalle eine gegen die Axe senkrechte Richtung hatten, $=1,4833$ [2]). Für die Emanationstheorie ist also auch die constante Geschwindigkeit der gewöhnlichen Strahlen im Kalkspath $b'=1,6543$, und die kleinste der ungewöhnlichen, wenn sie eine gegen die Axe senkrechte Richtung haben, $a'=1,4833$; für die Undulationstheorie dagegen ist die constante Geschwindigkeit der gewöhnlichen Strahlen $b=\frac{1}{b'}=0,604485$, und die gröfste Geschwindigkeit der ungewöhnlichen, wenn sie eine gegen die Axe senkrechte Richtung haben, $a=\frac{1}{a'}=0,674172$, welche Werthe auch mit ihrem schon von Huygens [3]) bestimmten Verhältnisse 0,93410:1,05032 ziemlich genau übereinstimmen.

Um aus diesen Constanten für jede andere Richtung

1) *Théorie de la double réfraction de la lumière. Paris,* 1810 *pag.* 199.

2) Nach Rudberg's genaueren Bestimmungen entsprechen diese Brechungsexponenten einer zwischen *B* und *C* liegenden Stelle des Spectrums. Für die Linien *D* und *E*, welche dem gelben Lichte angehören, fand er die Brechungsexponenten der gewöhnlichen Strahlen 1,6585 und 1,6636, und die der ungewöhnlichen 1,4863 und 1,4887. Diese Annalen Bd. 14, S. 54.

3) *Tractatus de lumine, cap. V.*

der Lichtstrahlen ihre Geschwindigkeit ableiten zu können, dürfe man zwar für die Emanationstheorie, sagt Rudberg, die Gleichungen (9) bis (12) ungeändert beibehalten, für die Undulationstheorie aber müsse man $\frac{1}{v}$ und $\frac{1}{v'}$ statt v und v' nehmen, und er wolle daher die Rechnungen in ihrer einfacheren Form für die Emanationstheorie durchführen.

Rudberg scheint also vorausgesetzt zu haben, dafs beide Theorieen zu denselben Resultaten führen, wie sich diefs doch keinesweges so verhält, wozu noch kommt, dafs auch die gröfsere Einfachheit der Formeln in der Emanationstheorie nur für einen einzelnen Lichtstrahl behauptet werden kann. Denn versteht man unter der Geschwindigkeit des Lichtes nicht sowohl die eines einzelnen wirkungslosen Elementarstrahles, sondern mit gröfserem Rechte die Geschwindigkeit der Lichtwelle, die sich aus diesem Strahle und den in seiner unmittelbaren Nähe befindlichen zusammensetzt: so darf man für die Undulationstheorie nicht die ganzen rechten Seiten jener Gleichungen umkehren, sondern nur die umgekehrten Brechungsexponenten statt der Constanten in denselben nehmen, wodurch sie für die eine Theorie durchaus nicht einfacher, als für die andere werden.

Nimmt man nämlich im Sinne der Undulationstheorie die Geschwindigkeit $b=0{,}604485$ des längs der optischen Axe des Kalkspaths sich fortbewegenden Strahles zu der einen Halbaxe (Fig. 3 Taf. IV.) cg, die Geschwindigkeit $a=0{,}674172$ des in senkrechter Richtung gegen die Axe sich bewegenden Strahles aber zur anderen Halbaxe cd einer Ellipse, und denkt man dieselbe um die kleine Axe $gh=2.cg$ gedreht, um das sogenannte *Sphäroid der doppelten Brechung* für den Kalkspath zu erhalten: so ist, wenn der Winkel fcg, den der Radius $cf=r$ mit der Halbaxe cg bildet, mit φ bezeichnet, und aus f die Ordinate $fm=y$ senkrecht auf die grofse Axe gefällt wird, nach der Gleichung der Ellipse:

$$fm^2 = r^2 \cos^2\varphi = \frac{b^2}{a^2}(a^2 - cm^2)$$
$$= \frac{b^2}{a^2}(a^2 - r^2 \sin^2\varphi), \text{ woraus}$$
$$(13) \quad r^2 = \frac{a^2 b^2}{a^2 \cos^2\varphi + b^2 \sin^2\varphi}, \text{ oder}$$
$$\frac{1}{r^2} = \frac{\cos^2\varphi}{b^2} + \frac{\sin^2\varphi}{a^2} = b'^2 + (a'^2 - b'^2)\sin^2\varphi.$$

Es stimmt also dieser Ausdruck mit dem von v'^2 in (12) überein, und es ist daher im Sinne der Emanationstheorie, für welche a' und b' die geraden Werthe der Brechungsexponenten bedeuten, die Geschwindigkeit eines gegen die optische Axe des Kalkspaths unter dem Winkel φ geneigten *Lichtstrahles* nichts anderes, als der umgekehrte Werth des zugehörigen Radius cf in dem Sphäroid der doppelten Brechung. Für die Undulationstheorie ist folglich die Geschwindigkeit eben dieses *Strahles* der Radius selbst, weil die Strahlgeschwindigkeiten in der einen Theorie die umgekehrten Werthe von denen in der anderen sind.

Man hat aber auch, wenn die Tangente kf an den Punkt f gezogen wird, für $cm = x$ die Subtangente $mk = \frac{a^2}{x} - x$, folglich

$$ck = \frac{a^2}{x},$$

und, da die Tangente die mittlere Proportionale zwischen der Subtangente und der Summe der Subnormale $\frac{b^2 . x}{a^2}$ und Subtangente ist:

$$kf^2 = \frac{(a^2 - x^2)[a^4 - (a^2 - b^2)x^2]}{a^2 x^2},$$

folglich, wenn aus c das Loth cn auf die Tangente gefällt, und der Winkel $ncg = ckn$, den diefs Loth mit der optischen Axe cg oder die Tangente mit der Axe der x bildet, mit ψ bezeichnet wird:

$$fm^2 = \frac{b^2}{a^2}(a^2 - x^2) = kf^2 . \sin^2\psi$$
$$= \frac{(a^2 - x^2)[a^4 - (a^2 - b^2)x^2]\sin^2\psi}{a^2 x^2}, \text{ woraus}$$
$$a^4 \sin^2\psi = x^2 [b^2 + (a^2 - b^2)\sin^2\psi],$$

so dafs

$$cn^2 = ck^2 . \sin^2 \psi = \frac{a^4 \sin^2 \psi}{x^2} = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \psi.$$

Es stimmt also auch dieser Ausdruck, in welchem a und b die umgekehrten Brechungsexponenten sind, mit dem in (12) überein, mit dem Unterschiede jedoch, dafs hier das Zeichen ψ nicht die Neigung der optischen Axe gegen den Lichtstrahl cf, sondern vielmehr den Winkel der optischen Axe mit der Richtung cn bedeutet, die senkrecht ist gegen die *Frontebene* kn der Lichtwelle, die sich aus den zu cf und zu den nahe gelegenen Strahlen gehörigen Elementarwellen zusammensetzt. So darf man also statt der Constanten in der Gleichung (12) nur die umgekehrten Brechungsexponenten nehmen, damit sie in diesem Sinne für die Undulationstheorie die Quadrate der Geschwindigkeiten der ungewöhnlichen Strahlen angebe.

Um diefs durch ein Beispiel noch mehr zu erläutern, so hat man für die Emanationstheorie $b'^2 = 2{,}736708$ und $a'^2 = 2{,}200178$, folglich für $\varphi = 30^0$, wenn die Geschwindigkeit in der Luft zur Einheit genommen wird:

$$v'^2 = b'^2 + (a'^2 - b'^2) \sin^2 30^0 = 2{,}60257,$$

und aus (13) für $b^2 = 0{,}365402$ und $a^2 = 0{,}454508$:

$$cf^2 = r^2 = 0{,}38423 = \frac{1}{2{,}60257},$$

so dafs hier die Geschwindigkeit das Umgekehrte des Radius ist. Für diesen Werth von φ hat man aber auch $cm = x = r \sin 30^0 = 0{,}30993$ und $x^2 = 0{,}09606$, folglich

$$\operatorname{tang} \psi = \frac{fm}{km} = \frac{b . x}{a (a^2 - x^2)^{\frac{1}{2}}} = 0{,}4641583 = \operatorname{tang} 24^0 53',$$

mithin

$$cn^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 24^0 53' = 0{,}38118,$$

und es ist dieser Werth im Sinne der Undulationstheorie zwar nicht genau das Quadrat der Geschwindigkeit (0,38423), mit welcher sich der *Strahl* cf im Krystalle bewegt, wohl aber der genaue Ausdruck für das Quadrat der Geschwindigkeit, mit welcher die zu diesem Strahle gehörige *Licht-*

welle in einer gegen ihre eigene Frontebene *kn* senkrechten Richtung *cn* im Krystalle sich fortpflanzt.

Unter der *optischen Axe,* die in den einaxigen Krystallen jedesmal auch die *krystallographische* ist, hat man daher nicht sowohl die Richtung zu verstehn, in welcher ein gewöhnlicher und ungewöhnlicher Elementarstrahl eine gleiche Geschwindigkeit haben, sondern vielmehr die Richtung, in der sich die Frontebenen der zu diesen Strahlen gehörigen Lichtwellen mit gleicher Geschwindigkeit bewegen.

Werden in eben dieser Bedeutung für die Undulationstheorie die Gleichungen (9) und (10) auch für die *zweiaxigen* Krystalle angewandt, — bei denen man der vorigen Entwicklung gemäfs unter den beiden *optischen Axen* die Richtungen zu verstehen hat, in denen die Frontebenen der zu beiderlei Strahlen gehörigen Lichtwellen eine gleiche Geschwindigkeit haben — und die Prismen *P*, *Q*, *R* in dem vorigen Sinne genommen: so ist für das Prisma *P*, in welchem die Kante des brechenden Winkels parallel ist mit der Mittellinie (Fig. 1. Taf. IV.) *dd'*, und die Summe der Winkel $\varepsilon+\varepsilon'=180^\circ$, folglich $\varepsilon-\varepsilon'=180^\circ-2\varepsilon'$:

$$(14)\quad v^2=b^2+(a^2-b^2)\cos^2\varepsilon'$$

$$(15)\quad v'^2=a^2,$$

a also die für alle Durchgangsrichtungen constante Geschwindigkeit des einen Strahlenbündels in dem auf der Mittellinie senkrechten Schnitte *ff'*. Die veränderliche Geschwindigkeit des anderen Bündels dagegen kann, wenn α wieder den Winkel der optischen Axen bedeutet, von $\varepsilon'=90^\circ$ bis $\varepsilon'=90^\circ-\frac{\alpha}{2}$ variiren, so dafs man $v=b$ als das Minimum, und $v=\left[b^2+(a^2-b^2)\sin^2\frac{\alpha}{2}\right]^{\frac{1}{2}}$ als das Maximum der Geschwindigkeit dieses Bündels in dem Schnitte *ff'* erhält, wenn $a>b$. Ist aber $a<b$, so wird aus dem Maximum das Minimum und umgekehrt.

Für das Prisma *Q*, in welchem die brechende Kante parallel mit *ff'* ist, und die auf *ff'* senkrechte Durchgangs-

ebene der gebrochenen Strahlen durch die Mittellinie dd' geht, sind die beiden Winkel ε und ε' gleich. Es ist daher für diefs Prisma:

(16) $v^2 = b^2$

(17) $v'^2 = b^2 + (a^2 - b^2)\sin^2\varepsilon = a^2 - (a^2 - b^2)\cos^2\varepsilon$,

und b die für alle Durchgangsrichtungen constante Geschwindigkeit in dem durch die Mittellinie gehenden, und auf ff' senkrechten Schnitte. Die veränderliche Geschwindigkeit dagegen kann von $\varepsilon = 90^0$ bis $\varepsilon = \frac{\alpha}{2}$ variiren, so dafs man $v' = a$ als das Maximum, und $v' = \left[a^2 - (a^2 - b^2)\cos^2\frac{\alpha}{2}\right]^{\frac{1}{2}}$ als das Minimum erhält, wenn $a > b$. Ist aber $a < b$, so wird auch hier aus dem Maximum ein Minimum und umgekehrt.

Die Maxima und Minima der veränderlichen Geschwindigkeiten v und v' treten also in diesem Falle und dem vorigen entweder dann ein, wenn die zugehörigen Strahlenbündel durch die Ebene der Axen gehen, oder wenn sie eine gegen diese Ebene senkrechte Richtung haben.

Für das dritte Prisma R, in welchem die auf der brechenden Kante senkrechte Durchgangsebene der Strahlen in die Ebene der Axen fällt, so dafs $\varepsilon = \varepsilon' + \alpha$, folglich $\varepsilon - \varepsilon' = \alpha$ und $\varepsilon + \varepsilon' = 2\varepsilon' + \alpha$, wird

(18) $v^2 = b^2 + (a^2 - b^2)\sin^2\frac{\alpha}{2}$.

(19) $v'^2 = b^2 + (a^2 - b^2)\sin^2\left(\varepsilon' + \frac{\alpha}{2}\right)$,

und in diesem Falle die Geschwindigkeit v constant. Die veränderliche Geschwindigkeit v' kann dagegen von $\varepsilon' = -\frac{\alpha}{2}$ bis $\varepsilon' = 90^0 - \frac{\alpha}{2}$ variiren, so dafs man $v' = b$ als das Minimum und $v' = a$ als das Maximum erhält, wenn $a > b$. Für $a < b$ wird auch hier aus dem Maximum das Minimum und umgekehrt.

Werden nun diese im Sinne der Undulationstheorie genommenen Gleichungen zur Berechnung des Axenwinkels

im Arragonit angewandt, so hat man in Folge der Tabelle Seite 228 für den Strahl D aus (15):

$$v'^2 = a^2 = \frac{1}{1,53013^2} = 0,42713,$$

ferner aus (16):

$$v^2 = b^2 = \frac{1}{1,68589^2} = 0,35183,$$

folglich aus (18):

$$v^2 = \frac{1}{1,68157^2} = 0,35364 = b^2 + (a^2 - b^2)\sin^2\frac{\alpha}{2},$$

woraus

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \left[\frac{181}{7530}\right]^{\frac{1}{2}} = \sin 8^\circ\,55',$$

und $\alpha = 17^\circ\,50'$. Berechnet man eben so noch die Axenwinkel für die Strahlen H, E und B, so erhält man folgende Tabelle:

Strahl.	Berechnete wahre Axenwinkel des Arragonits.
H	18° 26′
E	18 2
D	17 50
B	17 58

aus der sich der Axenwinkel in seinem Mittelwerthe für die zu E und D gehörigen gelben Strahlen $= 17^\circ\,56'$ ergiebt. Es hat aber Brewster[1]) mittelst des von ihm selbst bestimmten Brechungsexponenten 1,693 den Axenwinkel im Arragonit $= 18^\circ\,18'$, mittelst des Rudberg'schen Exponenten aber diesen Winkel $= 17^\circ\,33'$ gefunden. Da nun der hier berechnete Werth von $17^\circ\,56'$ genau in der Mitte zwischen diesen beiden, von Brewster bestimmten liegt, so kann man sagen, *dafs beim Arragonit die Theorie mit den Beobachtungen übereinstimmt.*

In der vorstehenden Tabelle ist es zugleich unverkennbar, dafs die Axenwinkel von dem violetten Ende H des Spectrums nach dem rothen B hin kleiner werden, indem die Abweichung von diesem Gesetze bei B ohne Zweifel

1) Diese Annalen Bd. 27, S. 504.

nur in einer weniger genauen Bestimmung der zu diesem Strahle gehörigen Exponenten ihren Grund hat.

Sprächen nicht tausend andere Gründe gegen die Emanationstheorie, so würden schon Rechnungen, wie diese, für die alleinige Wahrheit der Undulationstheorie zeugen können. Werden die Fresnel'schen Gleichungen in dem Sinne der ersteren verstanden, so geben sie Resultate, denen die Natur widerstrebt; dieselben Gleichungen aber, für die Undulationstheorie genommen, sind in vollkommenem Einklange mit der Natur.

Werden die Gleichungen (9) und (10) für die Undulationstheorie auch auf den Topas angewandt, so findet man folgende Axenwinkel:

Strahl.	Berechnete wahre Axenwinkel des Topas.
H	55° 10'
E	56 58
D	56 58
B	56 6

so dafs man als Axenwinkel für die gelben Strahlen etwa 57° bekommt. Es weicht dieser Winkel von Biot's Messungen also immer noch um 7° ab, die Differenz ist aber doch um 1° geringer, als sie sich nach Rudberg's Rechnungen herausstellt.

Rudberg selbst macht darauf aufmerksam, dafs der Grund, aus welchem er die fehlende Uebereinstimmung zwischen der Theorie und den Beobachtungen beim Arragonit erklären zu können glaubte, bei einer so grofsen Differenz, wie sie hier beim Topas gefunden ist, nicht ausreichend sey. Es geht diefs ja auch schon daraus hervor, weil sonst beim Arragonit, wo der Trennungswinkel der beiden austretenden Strahlenbündel nach Rudberg's Rechnungen mehr als 2° beträgt, diese Differenz gröfser seyn müfste, als beim Topas, für welchen der Trennungswinkel nach Rudberg's Angabe nur 21' hat, während doch gerade umgekehrt beim Arragonit die Theorie mit den Messungen über-

übereinstimmt. Auch der Umstand, dafs die Axenwinkel der verschiedenen Farben verschieden sind, kann zur Erklärung einer so grofsen Differenz nicht ausreichen, weil sonst dasselbe auch beim Arragonit stattfinden müfste. Es bleibt vielmehr nur der schon von Rudberg behauptete, und von Brewster durch seine Beobachtungen an dem brasilianischen Topas bestätigte Grund übrig, dafs die Axenwinkel in verschiedenen Individuen des Topas eine verschiedene Gröfse haben, wie diefs ja auch bei anderen Krystallen, z. B. dem Glimmer, der Fall ist, dessen Axenwinkel von 6° bis zu 45° variirend gefunden wird.

Dafs die Axenwinkel sich im Topas gerade umgekehrt, wie im Arragonit verhalten, dafs sie von dem violetten nach dem rothen Ende hin zunehmen, ist aus der vorstehenden Tabelle offenbar, indem auch hier die Abweichung von diesem Gesetze bei *B* gewifs nur durch die nicht genaue Bestimmung der zugehörigen Exponenten entstanden ist.

Da Rudberg's Abhandlung, die auch ins Französische und Englische übersetzt ist, bei ihrer allgemeinen Verbreitung in den optischen Schriften oft angeführt wird, so habe ich die Veröffentlichung der vorstehenden Berichtigung der Rudberg'schen Rechnungen für eine der Wahrheit schuldige Pflicht um so mehr halten müssen, da der Unterschied der für die Geschwindigkeit des Lichtes in beiden Theorieen gültigen Formeln, wie ihn Rudberg feststellt, auch in anderen Gebieten der Optik, namentlich in der Theorie der chromatischen Polarisation zu unnöthigen Weitläufigkeiten leicht verleiten könnte.

V. *Ueber nothwendig scheinende Ergänzungen der Beobachtungen über die Boden-Temperatur in Sibirien;* von Baer.

(Aus dem *Bulletin de la Classe physico-mathématique* der Petersburger Akademie T. VIII.)

Als unsere Akademie sich die Aufgabe gestellt hatte, den Schergin-Schacht in Jakutsk zur Untersuchung der Boden-Temperatur in Sibirien, sowie zur Bestimmung der Wärme-Leitungs-Fähigkeit und der Mächtigkeit des Eisbodens insbesondere zu benutzen, konnte die zum Entwurfe eines Planes für die Sibirische Reise ernannte Commission nicht umhin, die Frage sich zu stellen: Ob nicht die Wände des genannten Schachtes durch die von aufsen eindringende Luft merklich gegen den umgebenden allgemeinen Boden abgekühlt seyen? Um eine Entscheidung über diesen Zweifel zu erhalten, wurde in der Instruction verlangt, dafs in verschiedenen Tiefen immer je zwei Thermometer in die Wand des Schachtes, das eine nur auf einen, das andere bis 7 Fufs von seiner Höhlung entfernt eingelassen werden sollten.

Bekanntlich ist diese Aufgabe, trotz der localen Schwierigkeiten, die man hier nicht so grofs voraussehen konnte, mit vieler Beharrlichkeit durchgeführt, so wie auch mehrere neue Gruben und Bohrlöcher, theils in der unmittelbaren Nähe von Jakutsk, theils in gröfseren Entfernungen angelegt und Messungen der Boden-Temperatur in ihnen angestellt sind. Die Nothwendigkeit solcher Vergleichungspunkte war im Verlaufe der Beobachtungen immer mehr hervorgetreten.

Die Beobachtungen selbst konnten von unserm geehrten Collegen, Hrn. v. Middendorff, nur begonnen werden [1]), sie sind theils von anderen Mitgliedern der Reisegesellschaft, theils von fremden, dazu tüchtig befundenen und zu diesem Zwecke unterwiesenen Personen fortgesetzt worden.

1) S. Annal. Bd. 62, S. 404.

Wir haben auch schon seit längerer Zeit die wissenschaftliche Bearbeitung aller auf dieser Reise gesammelten geothermischen Messungen von Hrn. von Middendorff im ersten Bande seines Reisewerkes erhalten. Unser geehrter Herr College kommt im Allgemeinen zu dem Resultate, dafs die Wände des Schergin-Schachtes sich zwar in den oberen Theilen wahrscheinlich ein wenig abgekühlt haben, nämlich in der Tiefe von 50 Fufs unter dem Eingange, vom Jahre 1839 bis zu den Jahren 1844—1846 um 0°,6 R. etwa; dafs aber in gröfseren Tiefen die Temperatur ziemlich beständig geblieben sey. (Middendorff's Reise, Bd. I., S. 157.) Daraus wird gefolgert, dafs die Beobachtungen in der Wand des Schergin-Schachtes uns ein annähernd richtiges Maafs für die Boden-Temperatur jener Gegend, für die Leitungs-Fähigkeit des gefrornen Bodens, und, was nothwendig damit zusammenhängt, für die Mächtigkeit desselben geben.

Nachdem ich sämmtliche Beobachtungen und die ausführlichen Deductionen aufmerksam durchgegangen bin, um über das Ergebnifs derselben in den „Beiträgen zur Kenntnifs des R. Reiches“ [1]) zu berichten, kann ich nicht umhin, eine ziemlich abweichende Ueberzeugung zu gewinnen, eine Ueberzeugung, nach welcher der auffallende Widerspruch zwischen den Temperaturen in den neuen Gruben und dem Schergin-Schachte sich ganz anders lösen würde.

Ich glaube nämlich mit überwiegender Wahrscheinlichkeit nachweisen zu können, dafs die Wand des Schergin-Schachtes sich sehr bedeutend abgekühlt hat, wohl mehr als irgend ein Mitglied der Commission früher geglaubt haben würde.

Um zu der Annahme einer bedeutenden Abkühlung des Schergin-Schachtes um mehrere Grade der Reaumur'schen Scale geneigt zu machen, wollen wir zuvördert die neuen

1) Die zweite Hälfte des 9. Bandes dieser Beiträge, welche die Geschichte der naturhistorischen Reisen, die innerhalb des Russischen Reiches von 1840—1845 angestellt sind, enthält, wird so eben gedruckt.

Gruben und Bohrlöcher mit dem Schergin-Schachte vergleichen.

In der unmittelbaren Nähe von Jakutsk, d. h. nur wenige Werst von der Stadt entfernt, wurden auf dem linken Lena-Ufer drei Gruben angelegt. Der Eingang in dieselben lag durchschnittlich 350 Fufs höher als der Eingang in den Schergin-Schacht, welcher nur 36 Fufs höher als das Eis der Lena gefunden wurde. Man hätte also in ihnen, so sehr auch die Linien gleicher Boden-Temperaturen den Unebenheiten der Oberfläche des Bodens zu folgen streben, eher eine niedere Temperatur als im Schergin-Schachte, bei gleicher Tiefe vom Eingange, erwarten sollen, da die weit unter 0° stehende mittlere Jahres-Temperatur der Luft hiesiger Gegend auf die hohen Ufer auch von der Seite wirken mufs, auf die Sohle des Lena-Thales aber nur von oben. Allein die Beobachtungen zeigten umgekehrt in den neuen Gruben den Boden in gleicher Tiefe um mehrere Grade wärmer als im Schergin-Schachte. Die neuen Gruben hatten 6 Fufs im Quadrat und meistens ward, vom Boden der Grube ausgehend, tiefer gebohrt. Eine dieser Gruben, die *Leontjew*-Grube genannt, wurde nur bis 20 Fufs tief getrieben, füllte sich aber dann mit Wasser aus den obersten Erdschichten und konnte nicht weiter benutzt werden. Bis zu einer Schicht bleibender Temperatur gelangte man also hier gar nicht. Wir bemerken nur, dafs in der Tiefe von 20 Fufs, vor dem Eindringen des Wassers (am 19. Juni), — 4° R. beobachtet wurden, wogegen im Schergin-Schachte in der Tiefe von 20 Fufs in keiner Jahreszeit weniger als — 6° R. abgelesen sind. Eine zweite, die *Mangan*-Grube, wurde im Winter 28 Fufs tief gegraben. Dann wurde vom Boden derselben noch 28 Fufs weiter gebohrt. In der Tiefe von 20 Fufs, 1 Fufs weit von der Wand des Schachtes fand man zuerst im März — 6°,3 R. als Wirkung des ganzen vorhergegangenen Winters; bis zum Schlusse des Mais stieg hier die Temperatur auf — 4°,6 R., so dafs man am 19. Juni auch wohl gegen — 4° R. gefunden haben würde,

wenn man um diese Zeit noch beobachtet hätte. In 50 Fuſs Tiefe, wo für die mitgenommenen Thermometer gar kein Wechsel nach den Jahreszeiten erkennbar seyn konnte, las man im Mai — 3°,2 bis — 3°,3 ab. Eine dritte, die *Schilow*-Grube, wurde im Sommer 1844 nur 19 Fuſs tief getrieben und dann 52 Fuſs weiter gebohrt, im Februar 1845 ward aber die Grube bis auf 35 Fuſs vertieft und dann noch 25 Fuſs gebohrt. Am 7. April begannen die Beobachtungen in der Tiefe von 50 Fuſs, und sie wurden bis zum 14. Mai desselben Jahres fortgesetzt. Sie gaben zuerst — 2°,5 und zuletzt — 3°,0. Im folgenden Jahre wurden die Beobachtungen in derselben Tiefe im April, Mai und Juni wiederholt. Sie schwankten nun zwischen — 3°,1 und — 3°,2. Nehme ich diese Temperatur als die bleibende an, wovon ich den Grund später anzeigen werde [1]), so stimmen die *Mangan*- und die *Schilow*-Grube darin überein, daſs sie in 50 Fuſs Tiefe die Temperatur von — 3°,2, mit der Schwankung von — 0°,1 geben. Die *Leontjew*-Grube widerspricht nicht, da sie 50 Fuſs Tiefe gar nicht erreichte. Im Schergin-Schachte aber las man in 50 Fuſs Tiefe an dem nähern, d. h. nur um einen Fuſs eingesenkten Thermometer nach den verschiedenen Zeiten zwischen — 6°,9 R. und — 9°,1 R. ab, und an dem weitern (7 Fuſs eingesenkten) Thermometer zwischen — 6°,5 und — 6° R. Aber die Uebereinstimmung der neuen Gruben und ihrer Bohrlöcher wird noch auffallender, wenn wir in die obern, nach den Jahreszeiten ihre Temperatur wechselnden Schichten übergehen. Am 18. Juni las man in der *Schilow*-Grube in 20 Fuſs Tiefe — 4° R. ab, und genau dieselbe Zahl am 19. Juni in der *Leontjew*-Grube. Wir haben schon oben gesagt, daſs man in der *Mangan*-Grube nicht bis in den Juni beobachtete, daſs aber aus den Beobachtungen des Mais sich schlieſsen lasse, die Temperatur werde in derselben Zeit und Tiefe ausgeführt — 4 R.

1) Ich werde weiter unten zu zeigen versuchen, daſs auch die Wände dieser Gruben oder kleinen Schachte während der Arbeit sich merklich abkühlten, was nicht ohne Wirkung auf die Bohrlöcher blieb.

gewesen seyn. Der Schergin-Schacht aber hat in 20 Fufs Tiefe am 21. Juni 1845 — 9°,4 am nähern und — 9°,3 am weitern Thermometer.

Sollen wir nun die Angaben des Schergin-Schachtes oder die der drei neuen Gruben mit ihren Bohrlöchern für die richtigeren in Bezug auf den allgemeinen unaufgeschlossenen Boden ansehen? Allerdings lagen die neuen Jakutsker Gruben nicht weit von einander, und irgend ein weit wirkender Grund für locale Erwärmung hätte auf alle drei gleichen Einflufs ausüben können. Aber auch alle weiter abstehenden neu angelegten Gruben stimmen offenbar mehr mit den neuen Jakutsker Gruben als mit dem Schergin-Schachte.

Leider kann man bei diesen entfernten nicht unmittelbar die Boden-Temperatur mit der Luft-Temperatur vergleichen. Indessen folgert Hr. v. Middendorff selbst aus einer ganz kurzen Reihe von Mai-Beobachtungen in der Luft von Amginsk (200 Werst nach Südosten von Jakutsk), dafs in dieser Zeit die Temperatur in Amginsk 1°,44 R. höher war als in Jakutsk. Nehmen wir hiernach an, dafs die gesammte Jahres-Temperatur in Amginsk etwas über einen Grad wärmer ist als in der letztern Stadt, so stimmen die Grube (28 Fufs tief) und das Bohrloch (32 Fufs tiefer) wieder ganz gut mit den ähnlichen neuen Anlagen bei Jakutsk, und gar nicht mit dem Schergin-Schachte. Man fand in Amginsk auf 50 Fufs Tiefe bleibende Temperatur — 1°,9, und in 20 Fufs Tiefe zuerst im Mai — 2°,2 — 2°,5, im April des zweiten Jahres (eigentlich bei 21 Fufs Tiefe) etwas mehr [1]).

Noch 200 Werst weiter in derselben Richtung nach SO wurde bei der Mündung der *Maja* in den *Aldan* eine Grube 21 Fufs tief getrieben, das Bohrloch konnte jedoch wegen vorkommender Felsen nur 14 Fufs gefördert werden. Die Temperatur in 20 Fufs Tiefe, von Ende März bis zum 3. April, — 1°,15 bis — 2°,15 R., und in 35 Fufs von — 1°,0

1) Von dieser Zunahme später. Jetzt kam es nur darauf an, die grofse Abweichung vom Schergin-Schachte zu zeigen.

bis — 1°,55 scheint wieder mehr mit allen neuen Brunnen zu stimmen.

Nach Süd-Westen von Jakutsk nimmt die Boden-Temperatur, wie sich erwarten liefs, noch rascher zu als nach SO. In *Olekminsk* hatte man allerdings im Juli in 20 Fufs Tiefe — 0°,3 und in *Witimsk* (freilich im September) über + 3° R. Hat nun auch bei der letzten Ablesung ein grofser Theil der Sommer-Temperatur schon eingewirkt, so scheint doch der völlige Mangel bleibenden Boden-Eises mehr mit den neuen Gruben und Bohrlöchern als mit der Temperatur im Schergin-Schachte zu stimmen. Dasselbe scheint mir von dem Boden bei *Turuchansk* zu gelten, der ungefähr 0° mittlere Temperatur in seinen veränderlichen und etwas mehr in den nächsten unveränderlichen Schichten hat. Doch will ich auf diesen entfernten Punkt, dessen mittlere Luft-Temperatur ganz unbekannt ist, kein Gewicht legen, um die Beweiskraft der anderen nicht zu schwächen.

Wenn nun aber die Temperaturen in den neuen Bohrlöchern bei *Jakutsk* unter sich gut übereinstimmen, die Temperaturen im Schergin-Schacht dagegen viel tiefer sind, wenn die Gruben und Bohrlöcher in *Amginsk, Ust-Maisk, Olekminsk, Witimsk*, auch wohl die in *Turuchansk* augenscheinlich besser mit den neuen Jakutsker Gruben stimmen als mit dem Schergin-Schachte, mufs man da nicht diesen für die Ausnahme und jene für mehr regelrecht halten, welche die Temperatur des Bodens, bevor er aufgeschlossen ist, viel näher angeben?

Worin aber kann der Grund liegen, dafs die Wandung des Schergin-Schachtes um mehrere Grad kälter ist als der allgemeine Boden dieser Gegend?

Ich weifs mir nur eine dreifache Möglichkeit zu denken. Entweder ist ein bleibender und gleichmäfsig fortwirkender Grund vorhanden, der den Punkt, auf welchen gerade der Schergin-Schacht traf, in bedeutend niederer Temperatur als die Umgegend erhält; oder zweitens, es wirkte früher eine abkühlende Ursache, deren Wirkung noch nicht aufgehört hat; oder drittens, es ist später, nach dem Bau des

Schachtes und vielleicht durch diesen Bau selbst, eine Abkühlung eingetreten, deren Wirkung, wenn auch nicht im Wachsen begriffen, doch noch fortbesteht.

Für die erste Möglichkeit, eine bleibende locale gröfsere Bodenkälte, wüfste ich nur solche Gründe zu finden, welche mit dem hier weit verbreiteten und mächtigen Alluvial-Boden unvereinbar sind.

Die zweite Möglichkeit einer vorhergegangenen Abkühlung in der Tiefe, die noch nicht ganz gehoben wäre, hat der Commission allerdings vorgeschwebt. Die Beobachtung der Local-Verhältnisse und die Reihenfolge der Temperaturen nach der Tiefe sprechen einer solchen Vermuthung aber nicht das Wort. Nehmen wir z. B. an, dafs vor einigen Jahrhunderten beim Eisgange der Lena, zu welcher Zeit die obern Erdschichten der benachbarten Ufer auf 13° bis 15° R. unter 0° erkaltet seyn konnten, gefrorne Schollen derselben mit Eisschollen gemischt an 60 Fufs hoch aufgehäuft wurden, so könnten vielleicht Jahrhunderte vergehen, bevor solche Schichten die Temperatur annehmen würden, welche der erlangten Lage hier zukommt, besonders wenn später neue Ueberschüttungen eintraten. Es sollen sich allerdings auch in den Wänden des Schachtes, bis 72 Fufs Tiefe, Holzstämme und Wurzeln, dann in viel ansehnlicheren Tiefen, zwischen 104 und 384 Fufs, auch Spuren von Pflanzenresten finden, die einmal von der Oberfläche gekommen seyn müssen. Ihre Lagerung wird in dem älteren und dem neueren Berichte nicht näher beschrieben. Dagegen beobachtete Hr. v. Middendorff zahlreiche wellenförmige Abgränzungen dünner Schichten, welche häufige und oft wiederholte Ueberfluthungen anzudeuten scheinen und zwar von fliefsendem Wasser, das doch nur unbedeutend unter 0° erkaltet gewesen seyn könnte. Ferner lassen sich bedeutende Ueberstürzungen gefrorner Erdschollen ohne Eisschollen, welche die Treiber abgeben würden, hier bei der Tiefe bis zu welcher der Boden gefroren ist kaum denken, und selbst bei Unterwaschungen eines überhängenden gefrorenen Ufers würden die Einstürze, wenn

sie zur Zeit des Einganges erfolgten, wahrscheinlich Eisschollen mit verschütten. Zusammenhängende Eismassen hat man aber in der Wand des Schergin-Schachtes nicht bemerkt, wie eine solche in der Grube zu *Amginsk* sich sehr bemerklich machte (Reisewerk, Bd. I. S. 116). Verschüttete Erdschollen würden nach verschiedener Richtung geneigte Schichten erzeugen. Aeltere Berichte (*Bull. de l'Acad.*, Bd. III. p. 195) sprechen aber nur von einer deutlich geneigten Schichtungs-Fläche, und auch diese wird zweifelhaft, da Hr. v. Middendorff ihrer nicht erwähnt. Endlich fand sich die Temperatur in der Wand des Schachtes nach der Tiefe hin zwar nicht ganz gleichmäfsig, aber doch so continuirlich wachsend, dafs nirgends eine Schicht gefunden wurde, welche eine geringere Temperatur als eine höher liegende bewahrt hätte.

Es fehlt also wenigstens jeder Beweis einer plötzlichen hohen Ueberschüttung, deren Temperatur noch nicht ausgeglichen wäre.

Gehen wir dagegen zu der dritten Möglichkeit, zu einer später eingetretenen und noch anhaltenden Abkühlung über, so glaube ich diese, wo nicht bis zur vollen Evidenz erweisen, doch in sehr hohem Grade wahrscheinlich machen zu können.

Wenn man die seit Middendorff's Ankunft in Jakutsk, im April 1844, in der Wand des Schachtes angestellten Temperatur-Beobachtungen in ihrer chronologischen Reihenfolge läfst, sie aber in Gruppen theilt, um Mittelzahlen zu finden, und die Ablesungen an den weitern Thermometern als den weniger dem wechselnden Einflusse des Zutrittes der Luft unterworfnen wählt, so findet man die Mittel-Temperaturen, welche die folgende Tabelle mit Angabe der Zahl von Beobachtungen, aus welchen sie abgeleitet sind, enthält.

Mittel der Temperatur-Ablesungen (R°.) an den 7 Fuſs in die Wand des Schachtes von Jakutsk eingelassenen Thermometern, aus chronologisch geordneten Gruppen abgeleitet.

(z = Zahl der Beobachtungen.)

Tiefe.	1844 Apr. Nov. Dec.		1845 Jan. — Mai.		1845 Juni — Nov.		1846 Febr. — Juni.	
	R°.	z.	R°.	z.	R°.	z.	R°.	z.
50 Fuſs	— 6,41	10	— 6,64	10	— 6,67	20	— 6,63	2
100 -	— 5,13	10	— 5,24	10	— 5,195	19	— 5,30	2
150 -	— 4,515	10	— 4,62	10	— 4,66	19	— 4,60	2
200 -	— 3,85	10	— 3,90	9[1])	— 4,38[3])	13[2])	— 4,50	2
250 -	— 3,34	9[1])	— 3,33	10	— 3,33	5		
300 -	— 2,972	9[1])	— 3,02	7	— 3,195	19	— 3,25	2
350 -	— 2,615	10	— 2,73	10	— 2,778	19	— 2,80	2
382 -	— 2,395	10	— 2,411	9	— 2,40	3		

Die vom April 1844 bis zum Juni 1846 fortgehende Abkühlung scheint mir nach dieser Tabelle nicht nur evident, sie ist sogar fast so gleichmäſsig als man von einer Reihe von Beobachtungen, die in unregelmäſsigen Intervallen und von verschiedenen Beobachtern angestellt sind, nur immer erwarten kann. Nur die Station von 250 Fuſs Tiefe will nicht mit einstimmen; allein in dieser hört die Reihe der mitgetheilten Ablesungen mit dem Juli 1845 auf, weil es sich erwies, daſs das Thermometer verdorben war.

Wenn man aus vorstehender Tabelle die von 1844 bis 1846 noch fortgehende Abkühlung erkannt hat, so löst sich ein sonst schwer zu lösendes Räthsel auf die einfachste Weise von der Welt. Hr. v. Middendorff hat nämlich, um den Einfluſs der Jahreszeiten auf die Boden-Tempera-

1) Eine zweifelhaft gewordene Ablesung, die in dem Reisewerke mit einem Fragezeichen notirt wird, ist hier nicht in die Berechnung gezogen.

2) Zwei Ablesungen sind nicht in die Berechnung gezogen.

3) Diese Mittelzahl ist aus Ablesungen abgeleitet, die Hr. v. Middendorff für irrig hielt, da der Quecksilberfaden sich getheilt haben soll. Allein sie stimmen ganz gut mit den anderen. Der leere Raum in der Theilung muſs ganz unbedeutend gewesen seyn (wenn überhaupt die eingegangenen Berichte nicht irrig waren), da sonst die Ablesungen höhere Temperatur-Grade gegeben hätten. Bd. I, S. 109 des Reisewerkes.

tur zu erkennen, alle früheren und späteren Beobachtungen vereint und nach den Jahres-Cyclus gruppirt. Er kommt dabei auf das auffallende Resultat, dafs auch in Tiefen, die dem Einflufs der Jahreszeiten nicht mehr unterworfen seyn sollten, an den weiteren Thermometern, also 7 Fufs von der Höhle des Schachtes [1]), im November eine Erwärmung beginnt, die im December in den meisten Stationen ganz bestimmt mefsbar und so auffallend ist, dafs sie nicht mehr auf Ablesungs-Fehler beruhen kann. Was aber kann im Inneren der Erde vorgehen, das mit dem Verlaufe der Jahreszeiten isochronisch wäre? Wie also wäre eine solche Erwärmung erklärbar? Ganz einfach durch Sonderung der Jahre. December-Beobachtungen haben wir nur vom Jahre 1844. Auch haben wir von diesem Jahre drei November-Beobachtungen, von dem Jahre 1845 nur zwei, und von 1846 gar keine. Wenn nun die Abkühlung in den Jahren 1844 bis 1846 noch fortging, so ist die nothwendige Folge, dafs, wenn man nach den Monaten summirt, der November etwas und der December bedeutend wärmere Temperaturen zeigt, als die anderen Monate, die entweder im Jahre 1844 fehlen, oder im Jahre 1846 noch vorkommen.

War aber die Abkühlung vom April 1844 bis zum Juni 1846 noch mefsbar, so kann man wohl nicht zweifeln, dafs sie früher, so lange die Arbeit noch fortging, noch viel bedeutender war. Das wird auch durch frühere vereinzelte Beobachtungen bestätigt. Hr. Prof. Erman beobachtete im April 1829, in der Tiefe von 50 Fufs, bis zu welcher die Grube damals getrieben war, — 6° R.; Hr. v. Middendorff hat diesen Vergleichungs-Punkt nicht übersehen, allein da ihm das weitere Thermometer in dieser Tiefe durchschnittlich — 6°,6 R. zeigte, so folgert er eine geringe Abkühlung. Da jedoch Hr. Erman sein Thermometer nicht so tief einlassen konnte, und schon damals ohne

1) Ich nenne immer diejenigen Thermometer, welche 7 Fufs von der Höhlung des Schachtes abstanden, die weitern, und die 1 Fufs abstehenden die nähern.

Zweifel, wie die neuen Gruben nachweisen, der Zutritt der Luft abkühlend gewirkt hatte, auch diese Einwirkung zuvörderst die nächsten Schichten erfaſste, so werden wir wohl eine richtigere Vergleichung haben, wenn wir unser näheres Thermometer von derselben Tiefe vergleichen. Für dieses geben die neueren Beobachtungen im Jahre 1844 — 6°,9 bis — 9°,1 und im Jahre 1845 — 7°,8 bis — 9°,1. Die Station von 50 Fuſs Tiefe hat sich also, 1 Fuſs von der Höhlung des Schachtes, von 1829 bis 1845 beinahe um 3° abgekühlt.

Auch die früheren Beobachtungen des älteren Schergin scheinen mir die seitdem bedeutend vorgeschrittene Abkühlung zu erweisen. Ich bin weit davon entfernt, sie für sehr genau zu halten, da es in die Augen springt, daſs Schergin nur auf Ablesung von ganzen Graden ausging, und daſs er, wenn die Quecksilber-Säule nicht bei einem vollen Grade endete, einen halben notirte. Daſs sie aber nicht völlig ohne Werth sind, glaube ich an folgender Zusammenstellung erweisen zu können, welche in der linken Hälfte Schergins Temperatur-Notizen enthält, in der rechten Hälfte aber diejenigen Temperaturen, welche dieselben Tiefen nach den Beobachtungen unserer Expedition von 1844 bis 1846 zeigten. Da unsere Expedition Beobachtungs-Stationen von 50 zu 50 Fuſs hatte, so brauche ich kaum zu bemerken, daſs die Temperatur für 77 Fuſs aus den Mittel-Temperaturen, die Hr. v. Middendorff für 50 Fuſs und für 100 Fuſs gefunden hat, berechnet ist, eben so für 119 Fuſs aus den Mittel-Temperaturen für 100 und 150 u. s. w. Ausdrücklich aber hebe ich hervor, daſs ich die Ablesungen an den weiteren Thermometern gewählt habe, um so nahe als möglich die Temperaturen zu erhalten, welche die entsprechenden Erdschichten haben müſsten, wenn keine Erkältung stattgefunden hätte, im Falle die Temperaturen der Wände des Schergin-Schachtes uns wirklich die Temperatur der allgemeinen Erdschichten anzeigten.

Schergin's Temperatur-Beobachtungen im Boden des Schachtes.			Temperaturen derselben Tiefe nach den Beobachtungen der Sibir. Expedition.	Differenzen.
Zeit der Beobachtungen.	Tiefe.	Temperaturen.	1844—1846.	
?	77 Fufs	— 5°,5 R.	— 5°,97	— 0,47
?	119 -	— 4,0	— 4,99	— 0,99
?	217 -	— 2,0	— 3,70	— 1,70
1. April 1836	301 -	— 1,0		
15. October 1836	— -	— 1,5	— 3,10	— 2,22
27. November 1836	— -	— 0,5		
28. Januar 1837	— -	— 0,5		
31. März 1837	373 -	— 0,5	— 2,51	— 2,01

Die letzte Columne zeigt uns die Differenzen zwischen den Schergin'schen Beobachtungen und der Temperatur der entsprechenden Erdschichten, wie die neuern Beobachtungen sie nach den weiteren Thermometern anzudeuten scheinen.

Wie soll es nun zugehen, dafs Schergin die tiefsten Stationen 2 Grad zu warm fand? Er setzt sein Thermometer in den Boden des Schachtes ein, und unterschied dessen Temperatur von der Temperatur der Luft im Schachte. Er hätte also, wenn wir zugeben, dafs keine spätere Abkühlung eintrat, die bleibende Temperatur der verschiedenen Boden-Tiefen ablesen sollen. Sollen wir annehmen, dafs seine Thermometer völlig falsch waren? Dagegen spricht der Umstand, dafs in den höheren Stationen die Differenzen viel geringer sind. Ja, diese Differenzen sind ziemlich regelmäfsig wachsend, wodurch auch die Vermuthung widerlegt wird, dafs etwa die Arbeit in der Grube Luft und Boden erwärmt habe, da sich nicht absehen läfst, warum die Gruben-Arbeit in der Tiefe von 77 Fufs den Boden nur um 0°,4 und dann immer mehr bis über 2 Grad erwärmte. Die fast regelmäfsige Zunahme der Differenzen spricht auch gegen eine völlig unaufmerksame Ablesung, welche um einige Grade falsch gewesen wäre. Eine grofse Genauigkeit soll damit nicht behauptet werden, da über-

haupt nur halbe Grade verzeichnet sind, und die vierfachen Angaben für den Boden als er 43 Faden (301 Fuſs) tief war, schlechte Ablesungen oder Schreibfehler vermuthen lassen. Solche Liederlichkeiten können aber keine Progression geben. Wir erkennen dagegen in einer solchen Progression eine Abkühlung, die allmälig weiter dringt, und um so auffallender wird, je wärmer ursprünglich die Erdschichten vor der Eröffnung waren [1]).

Das Maaſs der Abkühlung haben wir nicht vollständig in den Differenzen zwischen den Beobachtungen Schergin's und denen der Expedition, denn sie muſste schon während der Arbeit wirken, hatte also schon gewirkt als Schergin in der Tiefe von 77 Fuſs sein Thermometer in den Boden einsetzte und ohne Zweifel schon als Hr. Prof. Erman nach Verlauf des ersten Winters in 50 Fuſs Tiefe beobachtete.

Ja, ich kann nicht umhin eine allmälige, wenn auch geringe Abkühlung aus allen Beobachtungen heraus zu lesen, welche Hr. v. Middendorff aus den neuen Gruben uns mittheilt, mit Ausnahme der *Witimsk*-Grube, wo überall der Boden mehrere Grade über dem Nullpunkte erwärmt war.

1) Man könnte mir einwerfen, daſs ich, wie bei der Vergleichung der Erman'schen Beobachtungen mit den neuern, die nähern Thermometer der letztern in der obigen Tabelle hätte vergleichen sollen. Allein es kam vorzüglich darauf an, anschaulich zu machen, daſs die Schergin'schen Beobachtungen fast gar nicht mit der Ueberzeugung zu vereinen sind, daſs die jetzigen Temperaturen im Schergin-Schachte die wahren Boden-Temperaturen auch nur annähernd angeben. Für diesen Zweck waren die mehr schwankenden Angaben der nähern Thermometer weniger brauchbar, da die weitern Thermometer durch die Progression der Differenzen beweisen, daſs Schergin's Beobachtungen, wenn auch gewiſs nicht sehr genau, doch nicht ganz zu verwerfen sind.

Indessen habe ich auch die nähern Thermometer-Angaben unserer Expedition mit den Schergin'schen verglichen und folgende Differenzen gefunden: für 77 F. Abkühlung um 1°,68; für 119 F. um 1°,46; für 217 F. um 1°,5; für 301 F. um 1°,66 und für 371 F. um 2°,05. Diese Differenzen sind einander gleicher, mit schwankendem Wechsel; doch ist auch hier die tiefste am gröſsten.

Auch die *Olekminsk*-Grube könnte für unsere Ansicht geltend gemacht werden, hat jedoch wenig Beweiskraft, da sie nur die Tiefe von 21 Fufs erreichte, und in ihr nur im Sommer beobachtet wurde. In der Grube von *Amginsk* las man, in der Seitengrube in 20 Fufs Tiefe [1]), am 27. März — 1°,25 und dann täglich weniger Wärme, so dafs am 3. April dasselbe Thermometer — 2°,15 hatte. War etwa die Welle der Winterkälte im Absteigen? Allein im Bohrloche fiel in 35 Fufs, wo der Wechsel der Jahreszeiten kaum merklich seyn sollte, und zwar im Verlaufe einer Woche, die Temperatur von — 1°,0 auf — 1°,55. Auf allen höhern Stationen (7′ und 15′) war die Zunahme der Kälte noch auffallender. „Das ist ja offenbare Folge vom Eindringen der äufseren Luft, welche am Ende des Märzes und in den ersten Tagen des Aprils noch sehr kalt seyn mufs“, wendet man vielleicht ein. Wir zweifeln nicht daran, sondern glauben an solchen Gruben und Bohrlöchern, in denen in zweien Jahren beobachtet wurde, den augenfälligen Beweis von der anhaltend abkühlenden Wirkung der eindringenden kalten Luft nachweisen zu können. In der *Amginsk*-Grube wurde im Bohrloche in 50 Fufs Tiefe im Jahre 1845 zuerst — 1°,55, dann steigend bis — 1°,8, in folgendem Jahre nur einmal — 1°,75, meistens aber (neunmal) — 1°,9 abgelesen. Das Mittel war für 1845 — 1°,65 R., für 1846 aber — 1°,88 R. In der *Schilow*-Grube bei Jakutsk fand man in derselben Tiefe am 7. April — 2°,5 R., im Mai desselben Jahres — 3°,0 und — 3°,1, im April des folgenden Jahres — 3°,2. Beide Reihen von Beobachtungen, welche allerdings nur eine Abkühlung von einigen Zehntheilen von Graden anzeigten, wurden in Bohrlöchern angestellt, welche aus dem Boden von nicht sehr tiefen Gruben getrieben waren. In den Seitenwänden der Gruben ging die Abkühlung sehr viel rascher vor sich, worüber wir das Reisewerk selbst zu vergleichen bitten.

Wir haben damit auch schon die Ursache angedeutet,

1) In den neuen Gruben oder Schachten wurden die Thermometer in Seitenhöhlen 4 Fufs weit in die Wand eingesetzt.

der wir die bedeutende Abkühlung im Schergin-Schachte zuschreiben. Die kalte Luft des Jakutsker Winters, die häufig und anhaltend unter — 30° R. erkaltet ist, mufste nothwendig während der Arbeit und so lange der Schacht nach seiner Vollendung offen stand, in ihn einsinken. Hätte sie in ihm in Ruhe bleiben können, so würde die Wirkung dieser Luftsäule auf die Wand des Schachtes nicht sehr bedeutend geworden seyn, allein in den tiefen Regionen des Schachtes durch die Wand desselben erwärmt, mufste sie immer wieder sich erheben, während andere Luft einströmte. So mufste ein fortgehender *Courant ascendant* und *descendant* im Innern des Schachtes in den kälteren Jahreszeiten bestehen, dessen Wirkung nur Abkühlung seyn konnte, denn kältere Luft drang ein und was die aufsteigende Luft an Wärme gewonnen hatte, war ja der nächsten Umgebung des Schachtes entzogen. So war es denn natürlich, dafs mit dem Weitertreiben des Schachtes, man Wände und Boden gefroren fand, auch nachdem man den Nullpunkt der gewöhnlichen Boden-Temperatur schon überschritten hatte. Hätte man rasch bohren können, so hätte man vielleicht den aufgethauten Boden erreicht, aber, ohne Bohrer, langsam mit Keilhauen einen Schacht von $3\frac{1}{2}$ Arschin oder 98 Zoll E. im Quadrat fortführend, arbeitet man, wie wir glauben, in den letzten Jahren innerhalb einer Scheide von Boden-Eis, welche sich mit der Förderung der Schachten von selbst verlängerte. Dafs während der wärmeren Jahreszeit die atmosphärische Luft nicht eindrang, ist ebenso wahrscheinlich. Da sie viel zu leicht war, konnte sie nur durch Wärme-Mittheilung, ohne Luftströmung von oben sehr langsam und wenig wirken. Dennoch wird es im Sommer in dem gröfseren Theile des Schachtes an Bewegung der Luft nicht gefehlt haben, da die Luft auf dem Boden des Schachtes, so bald sie dessen Temperatur angenommen hatte, nothwendig mit der schweren Luft in den höhern Regionen einen aufsteigenden und absteigenden Strom erhalten mufste. Diese Bewegung innerhalb des Schachtes konnte, wie es scheint, auch nicht fehlen,

fehlen, wenn er ganz hermetisch jahrelang geschlossen gewesen wäre. Ja, die Erkältung während des Winters wirkte doch gewifs durch die schützende Decke hindurch, und mufste, wenn sie auch gar keine Luft von aufsen eindringen liefs, doch die Luft in der obersten Region des Schachtes abkühlen und den Gewichts-Unterschied zwischen ihr und den untersten Schichten noch vermehren.

Wir unterscheiden also eine Strömung, welche durch das Eindringen der sehr kalten äufsern Luft bedingt, wesentlich zur Abkühlung des ganzen Schachtes beitragen mufste, da sie erst wieder aufsteigen konnte, wenn sie dem Schachte und besonders den tiefsten Theilen desselben viele Wärme entzogen hatte, und im Sommer nicht umgekehrt warme Luft eindrang [1]), und eine andere, welche nicht kalte Luft von aufsen einführte, sondern mehr die Wirkung hatte, die Temperaturen verschiedener Tiefen mit einander auszugleichen, also die tiefern Stationen abzukühlen und die höhern zu erwärmen.

Die Art dieser Strömungen stelle ich nur als Vermuthungen hin, da wirkliche Beobachtungen fehlen. Ich glaubte ihre Wandelbarkeit nur erwähnen zu müssen, weil manches auffallende Ergebnifs der neueren Beobachtungen, das auf den ersten Blick gegen eine allmälige Erkaltung zu sprechen scheint, durch die Veränderlichkeit der Strömungen verständlich gemacht werden kann. So ist es z. B. sehr auffallend, dafs in allen Stationen unterhalb 200 Fufs Tiefe die näheren Thermometer eine höhere Temperatur anzeigten als die entfernteren und zwar während der ganzen Zeit der Beobachtungen von 1844 bis 1846, dagegen in den Stationen über 200 Fufs, bis zu den wechselnden Temperaturen hinauf, die näheren Thermometer kälter gefunden wurden als die weiteren. Woher dieses Phänomen und zwar in allen Jahreszeiten? Vor der neuen Eröffnung war der Schacht während sechs Jahre durch eine starke

1) Ein Beweis von der Wirksamkeit dieser Strömung liegt darin, dafs die Kohlensäure, welche im Sommer im Boden sich ansammelte, mit dem Beginne des Winters verschwand.

Ueberschüttung gut geschlossen gewesen, die eingeschlossene Luft hatte also Zeit genug gehabt, ihre Wirkung nicht nur auf die nächste Wandung, sondern auch nach der Leitungs-Fähigkeit des Bodens zur Seite weithin auszudehnen. Immer aber sollte die nächste Schicht der Wand die kälteste seyn, wenn, wie wir glauben, die allmälige Abkühlung vom Inneren des Schachtes ausging. — Wir zweifeln auch nicht, dafs das Verhältnifs so war, so lange der Schacht verschlossen blieb, dafs aber später eine Veränderung eintrat. Diese mufste, abgesehen von der Wärme, welche die Beobachter und ihre Lichter mitbrachten, schon dadurch eintreten, dafs die abgeschlossene Strömung in eine offene sich verwandelte. Die abgeschlossene Strömung war aber, wie es uns scheint, eine mehr ausgleichende, welche die oberen Tiefen auf Kosten der unteren erwärmte, und die unteren abkühlte. Die neu eintretende Abkühlung in der oberen Hälfte der unmittelbaren Wandfläche war also nothwendige Folge der Eröffnung. Genügt sie aber auch um die eingetretene Erwärmung in der unteren Hälfte verständlich zu machen? Vielleicht. Indessen mögen noch andere Verhältnisse hinzugekommen seyn. Wenn etwa der aufsteigende Strom, der ja erwärmend wirken mufs, eine andere Richtung erhalten hatte, als ihm früher zukam, so wird er auf die Ecke, welcher er jetzt näher ist, erwärmend wirken. Nun erfahren wir, dafs vor dem Eingehen in den Schacht eine massive Eisbrücke, die drei Viertheil von der Höhlung des Schachtes einnahm, weggebrochen werden mufste. Verändert wurde die Richtung der Luftströmungen dadurch nothwendig. Alle Thermometer lagen übereinander in derselben Ecke des Schachtes. Ob nicht der aufsteigende Strom dieser Ecke in ihrer unteren Hälfte näher war als früher? Für künftige Beobachtungen wäre zu rathen, dafs man auch in die gegenüberstehende Ecke Thermometer einsetzte.

Doch möge die Bewegung der Luft im Innern des Schachtes seyn wie sie wolle — es scheint unläugbar, dafs die

Wände des Schergin-Schachtes bedeutend kälter sind als der umgebende Boden bei Jakutsk.

Ist diese Vermuthung richtig, so folgt daraus:

1) Das wir aus den Temperaturen in der Wand des Schergin-Schachtes nicht einmal annähernd auf die Boden-Temperaturen in verschiedenen Tiefen unter Jakutsk schliefsen können.

2) Dafs wir ferner die Wärme-Leitungsfähigkeit des gefrornen Bodens aus dem genannten Schacht nicht ableiten dürfen, und sie mithin noch gar nicht kennen. Ich halte sie, nach den alltäglichen Erfahrungen über das Vordringen der Kälte durch das Eis und den gefrornen Boden, für viel geringer als sie nach den Jakutsker Beobachtungen scheint.

3) Dafs wir also auch die Mächtigkeit des Eis-Bodens nicht schätzen können, selbst wenn wir die Temperatur-Beobachtungen in den neuen Gruben als mafsgebend betrachten, wie ich sie allerdings für annähernd richtig halte.

Wenn wir die Temperatur-Beobachtungen in den neuern Gruben als mafsgebend betrachten, so folgt aber auch, dafs in diesen Gegenden, wo die mittlere Temperatur der Luft tief unter dem Nullpunkt steht, der Boden einer viel höhern Temperatur geniefst. Die mittlere Luft-Temperatur ist in Jakutsk nach den neuern Beobachtungen etwa — 8°,7 R., die Boden-Temperatur in 50 Fufs Tiefe, nach der *Schilow-* und der *Mangan*-Grube zwischen — 2°,5 und — 3° R. Dieser Unterschied ist allerdings sehr grofs. Allein Wahlenberg fand schon in Lappland die Temperatur der Quellen um mehrere Grade höher als die mittlere der Luft. Die Schneedecke, welche im Winter von der Kälte nur sehr langsam durchdrungen wird, vor dem Sommerr aber schwindet, wird diesen Unterschied vorzüglich bedingen. Dazu kommt, dafs im Sommer der Regen die wärmere Temperatur der Luft mehr oder weniger in die Tiefe führt, im Winter aber der Schnee die ihm mitgetheilte Temperatur nur zum Theil der tiefer liegenden Schnee-Schicht mittheilt,

zum Theil wieder der Luft. Der Schnee, der meistens bei mäfsiger Kälte fällt, ist, wenn das Wetter hell und kalt wird, ein Erwärmer der untersten Luftschicht. Um diese Wirkung nicht zu gering anzuschlagen, mufs man sich nur erinnern, dafs die gesammte Schneedecke in kältern Klimaten gleichsam die Summe der wärmsten Wintertage ist. Die jedesmalige oberste Schicht des Schnees wird ihre Wärme gröfstentheils nach oben an die meistens kältere und bewegte Luft abgeben, in sehr geringem Maafse durch die schlecht leitende untere Schneeschicht an den ebenfalls schlecht leitenden gefrornen Boden. — In wie weit das abwechselnde Frieren und Aufthauen in den obersten Erdschichten auf die Differenz zwischen der Luft und Boden-Wärme Einflufs ausübt, möge künftigen Unternehmungen als Aufgabe hingestellt werden. Bis dahin denke ich mir, dafs dieser Wechsel, nach der Abhängigkeit des Bodens, den Unterschied zwischen Luft- und Boden-Temperatur verändern mufs. Mit dem Flüssigwerden des Wassers wird Wärme gebunden. Ist der Boden so beschaffen, dafs von diesem Wasser viel abfliefst, so verliert er viel von der ihm gehörenden Wärme; läfst er wenig abfliefsen, so behält er sie bei sich. Dagegen wird freilich der trockne Boden von der Sonne viel mehr durchwärmt als der wasserhaltige.

Hr. v. Middendorff scheint in der grofsen Differenz, welche bei Jakutsk zwischen der Luft- und der Boden-Temperatur sich ergiebt, wenn man die Temperaturen in den neuen Gruben für die normalen hält, einen wichtigsten Bestimmungsgrund, wenn nicht den wichtigsten gefunden zu haben, die Temperaturen des Schergin-Schachtes für die normalern zu halten.

Ich wünsche sehnlichst eine Entscheidung dieser Frage und in diesem Wunsche liegt der Grund zu meinem heutigen Vortrage. Es scheint mir eine Ehrensache für die Akademie, diese Entscheidung so bald als möglich herbeizuführen.

Neue und auf ein Paar hundert Fufs tiefgehende Bohr-

löcher scheinen erforderlich, so wie jetzt, nach dem Verlaufe einiger Jahre eine neue Reihe von Beobachtungen im Schergin-Schachte, theils in den alten Stationen, theils in denselben Tiefen in der diagonal gegenüberstehenden Ecke. Am entscheidendsten würde wohl die Frage gelöst, wenn man im Schergin-Schachte sehr weit, 60—100 Fufs etwa, nach der Seite bohren könnte, um zu erfahren, ob der Schacht mit seiner tiefern Hälfte blofs eine erkältete Scheide um sich hat oder nicht. Hr. v. Middendorff hat am Schlusse der ersten Lieferung vom ersten Bande seines Reisewerks einen Horizontalbohrer vorgeschlagen, mit dem man in ungefrornem Boden bis 30 Fufs in Einem Tage soll vordringen können. Mit diesem Instrumente läfst sich bestimmter Erfolg erwarten. Der Unterschied in den Entfernungen der angewendeten Thermometer von 1 Fufs und 7 Fufs war bei dem Wechsel, dem die näheren Thermometer ausgesetzt sind, zu gering, um die Leitungsfähigkeit des Bodens bestimmen zu können.

Bis es zu einer neuen Expedition mit neuen Apparaten kommt, kann ich nicht umhin zu glauben, dafs eine vorläufige Untersuchung der neuen Schachte durch eine Person, deren Ablesungen bis auf einen halben Grad zuverläfsig sind, die Frage entscheiden mufs, ob der Schergin-Schacht um mehrere Grade erkaltet sey. Wenn nämlich meine Vermuthung begründet ist, dafs in eine so durchsunkene Stelle die Kälte bedeutend eindringt, so müssen auch die Wände der neuen kürzeren Schachte jetzt wohl bedeutend kälter seyn als zur Zeit der früheren Beobachtungen?

Für die Leitungsfähigkeit des gefrornen Bodens wird man auf diese Weise freilich noch kein erträgliches Resultat finden.

V. *Ueber einige Eigenschaften der Borsäure, und über die quantitative Bestimmung derselben; von Heinr. Rose.*

Bekanntlich ist die quantitative Bestimmung der Borsäure mit solchen Schwierigkeiten verbunden, dafs wir bis jetzt keine andere Methode kennen, die Menge der Borsäure mit Sicherheit in Verbindungen zu finden, als die, die Quantitäten der Basen, die mit der Borsäure verbunden sind, zu bestimmen, und die Menge der Borsäure aus dem Verluste zu berechnen.

Man bestimmt die Basen in ihren Verbindungen mit Borsäure, entweder auf die Weise, dafs man sie aus den Auflösungen durch Schwefelwasserstoff oder andere Reagentien abscheidet, oder dafs man die Borsäure aus ihren Verbindungen als Fluorborgas verjagt. Diese Methode, deren sich zuerst Arfvedson bediente, giebt die genausten Resultate.

Ueber die Verflüchtigung der Borsäure aus ihrer wäfsrigen Lösung, und über die quantitative Bestimmung derselben in ihrer Auflösung in Wasser. — Die Borsäure verflüchtigt sich in ihrer Auflösung in Wasser mit den Dämpfen derselben mehr als irgend eine andere der sogenannten feuerbeständigen Säuren, und selbst als solche, welche aus ihren Verbindungen durch Borsäure ausgetrieben und bei erhöhter Temperatur verjagt werden können. Die Flüchtigkeit der Borsäure in ihrer Auflösung in Wasser ist bedeutender, als man sie gewöhnlich annimmt. Durch längeres Erhitzen der Auflösung, besonders, wenn sie concentrirt ist, und man das abgedampfte Wasser von Zeit zu Zeit erneut, würde man gewifs im Stande seyn, eine gewisse Menge gänzlich zu verflüchtigen. Es wurden 0,565 Grm. wasserfreier Borsäure in 12 Unzen Wasser gelöst und diese Lösung abgedampft; dieselbe Quantität Wasser wurde noch zweimal angewandt, endlich der Rückstand mit sehr

kleinen Mengen Wasser, die nur zu seiner Auflösung hinreichten, übergossen und das Ganze an einem mäfsig warmen Ort dem Verdampfen überlassen. Nach zwei Tagen wog der geschmolzene Rückstand nur 0,100 Grm. Es hatten sich also 82,30 Proc. Borsäure verflüchtigt.

Erhitzt man Borsäure bis zum Schmelzen im Platintiegel, so nimmt das Gewicht derselben beständig ab, wenn der Zutritt der Luft nicht sorgfältig vermieden wird; die Abnahme ist aber weit bedeutender, wenn das Erhitzen bis zum starken Glühen gesteigert wird. Immer aber beträgt diese Abnahme nur einige Milligramme. Befeuchtet man aber die erkaltete Borsäure mit einem Tropfen Wasser, und erhitzt von Neuem bis zum Glühen, so beträgt die Gewichtsabnahme einige Centigramme, und sie wird noch um etwas bedeutender, wenn man statt des Wassers einen Tropfen Alkohol anwendet. Am besten vermeidet man die Gewichtabnahme beim Schmelzen der Borsäure, wenn man eine kleine Menge von kohlensaurem Ammoniak auf die Oberfläche der Säure bringt.

Man weifs noch nicht mit Sicherheit, ob die geschmolzene Borsäure wasserfrei ist. Man kann sich aber leicht davon überzeugen. Bringt man in geschmolzene Borsäure Stücke von geschmolzenem Chlornatrium, so kann nicht die mindeste Entwickelung von Chlorwasserstoff bemerkt werden, auch wenn das Ganze längere Zeit glüht. Es verflüchtigt sich dann nur Borsäure. Befeuchtet man aber die erkaltete Masse mit einem Tropfen Wasser, und glüht bei zugemachtem Deckel, so bemerkt man beim Oeffnen des Deckels einen deutlichen Geruch von Chlorwasserstoff, und ein mit Ammoniak benetzter Glasstab, der über die Masse gehalten wird, bringt die bekannten Nebel des Chlorammoniums hervor. Durch diesen Versuch, den man mit demselben Erfolge sehr oft wiederholen kann, überzeugt man sich leichter von der Abwesenheit des Wassers in der geschmolzenen Borsäure, als durch das Schmelzen derselben mit frisch geglühtem Bleioxyd.

Wegen der Flüchtigkeit der Borsäure beim Abdampfen

der wäfsrigen Auflösung ist es mit sehr grofsen Schwierigkeiten verknüpft, die Menge derselben darin zu bestimmen.

Man hat vorgeschlagen, die Verflüchtigung der Borsäure beim Abdampfen auf die Weise zu vermeiden, dafs man die Auflösung vor dem Abdampfen mit Ammoniak übersättigt. Aber die Verwandtschaft der Borsäure zum Ammoniak ist eine so geringe, dafs sich dasselbe mit den Wasserdämpfen zugleich verflüchtigt. Uebersättigt man eine concentrirte wäfsrige Auflösung der Borsäure mit Ammoniak, fügt dann Alkohol hinzu und zündet diesen an, so brennt er nur anfangs nicht mit grüner Farbe, wohl aber später. Nur das Zusetzen der feuerbeständigen Alkalien verhindert die Verflüchtigung der Borsäure vollständig, weshalb alsdann hinzugefügter Alkohol nach dem Anzünden keine grüne Flamme zeigt.

Es wurden 0,700 Grm. wasserfreier Borsäure in wäfsrigem Ammoniak aufgelöst und unter beständigem Zusetzen von neuen Mengen concentrirter Ammoniakflüssigkeit bis zur Trocknifs abgedampft; die abgedampfte Säure wurde in einer Atmosphäre von kohlensaurem Ammoniak geglüht. Sie wog dann nur 0,620 Grm.; es hatte also ein Verlust von 11,43 Proc. Borsäure stattgefunden.

Dieser Verlust ist sogar etwas bedeutender, als wenn die concentrirte wäfsrige Auflösung der Borsäure für sich, ohne Zusatz von Ammoniak, abgedampft wird. Denn jene 0,620 Grm. in Wasser gelöst, gaben nach dem Abdampfen 0,554 Grm. der geschmolzenen Säure. Der Verlust war in diesem Falle also nur 10,66 Proc. — Jedenfalls ergiebt sich aus diesen Versuchen, dafs das Ammoniak in nichts die Flüchtigkeit der Borsäure vermindert.

Bei einer Untersuchung des Datoliths von Rammelsberg [1]) hatte derselbe die Borsäure auf die Weise quantitativ bestimmt, dafs er, nach Aufschliefsung des Minerals in Chlorwasserstoffsäure, die Auflösung nach Abscheidung der Kieselsäure mit Ammoniak übersättigte, die Kalkerde durch Oxalsäure fällte, die filtrirte Flüssigkeit vorsichtig zur

1) Pogg. Ann. Bd. 47, S. 169.

Trocknifs abdampfte und den trocknen Rückstand im bedeckten Platintiegel schmelzte. Er hatte hierbei ein Resultat erhalten, das sich der Wahrheit näherte.

In der verdampften Flüssigkeit konnte aufser freiem Ammoniak nur Chlorammonium und oxalsaures Ammoniak enthalten seyn. Es schien mir daher wahrscheinlich, dafs die Gegenwart des Chlorammoniums die Verflüchtigung der Borsäure beim Verdampfen ihrer wäfsrigen Auflösung verhindern könne.

Als Hr. Weber 1,650 Grm. Borsäure, in Wasser gelöst, mit Chlorammonium versetzte, das Ganze in einer Platinschale zur Trocknifs abdampfte, und den trocknen Rückstand in einem Platintiegel so lange glühte, bis sich keine Dämpfe von Chlorammonium mehr entwickelten, erhielt er einen Rückstand, welcher bei der Temperatur, bei welcher reine Borsäure sehr leicht schmilzt, nicht zum Schmelzen zu bringen war. Das Gewicht des Rückstands betrug 1,404 Grm., also nur 85,10 Proc. der angewandten Borsäure. Er wurde der stärksten Hitze ausgesetzt, welche durch eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge hervorzubringen war, ohne ihn schmelzen zu können. Das Gewicht nahm merkwürdiger Weise dabei noch zu, und vermehrte sich bis zu 1,430 Grm. Wurde eine gewogene Menge von Bleioxyd hinzugefügt, so schmelzte dasselbe mit dem Rückstande zusammen, das Bleioxyd wurde dabei reducirt, das Gewicht des Ganzen aber nur unbedeutend verändert.

Durch Einwirkung des Chlorammoniums auf Borsäure hatte sich der von Balmain zuerst dargestellte und später von Wöhler[1]) näher untersuchte Borstickstoff gebildet. Er bleibt ungelöst, wenn man, nachdem man eine Auflösung von Borsäure, mit Chlorammonium versetzt, zur Trocknifs abdampft, die trockne Masse glüht und nach dem Erkalten mit Wasser behandelt. Er bildet ein weifsgraues Pulver, das sich ganz auswaschen läfst. Nach dem Trocknen nimmt er eine dunklere Farbe an. Mit Kalihydrat ge-

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 467.

schmolzen entwickelt das Pulver einen starken Geruch nach Ammoniak; nach dem Auflösen der geschmolzenen Masse konnte in der Auflösung kein Chlorgehalt nachgewiesen werden.

Die angegebene Darstellungsart dieses merkwürdigen Körpers ist vielleicht die leichteste und zweckmäfsigste. Mengt man gepulverte Borsäure mit Chlorammonium innig zusammen, und glüht das Gemenge, so wirken beide nicht so leicht aufeinander, als wenn sie vorher aufgelöst worden sind. Das Gemenge schmilzt, und man erhält nicht eine so bedeutende Menge. Man erhält gar keinen Borstickstoff, wenn man die Auflösung der Borsäure mit Chlorammonium versetzt, in einer Platinschale abdampft, und die abgedampfte Masse, in der Schale selbst, beim Zutritt der Luft glüht. Ein Zusatz von freiem Ammoniak zum Chlorammonium verhindert die Entstehung des Borstickstoffs übrigens nicht.

Wird Borsäure im aufgelösten Zustand mit salpetersaurem Ammoniak abgedampft und die abgedampfte Masse geglüht, so erhält man nach dem Auflösen keinen Borstickstoff. Die Masse schmilzt wie reine Borsäure und löst sich nachher vollständig im Wasser auf. Als aber versucht wurde, eine gewogene Menge von Borsäure gemeinschaftlich mit salpetersaurem Ammoniak abzudampfen, schäumte beim Erhitzten der abgedampften Masse dieselbe durch das sich entwickelnde Stickstoffoxydulgas so stark, dafs ein Uebersteigen nicht zu verhindern war. Man konnte sich indessen überzeugen, dafs auch durch salpetersaures Ammoniak die theilweise Verflüchtigung der Borsäure nicht vermieden werden konnte.

Da man die Menge von Phosphorsäure und von Arseniksäure, wenn diese Säuren im Wasser aufgelöst sind, auf keine Weise besser quantitativ bestimmen kann, als auf die, dafs zu den Auflösungen eine gewogene Menge von frisch geglühtem Bleioxyd gesetzt, das Ganze abgedampft, und die trockene Masse erhitzt oder geglüht wird, so wurden ähnliche Versuche auch mit der Borsäure ange-

stellt, in der gewissen Ueberzeugung, auf diese Weise die Verflüchtigung der Borsäure beim Abdampfen zu verhindern.

Aber auch diese Methode gab kein, auch nur entfernt sich der Wahrheit näherndes Resultat. Hr. Weber dampfte die Auflösung von 1,143 Grm. geschmolzener Borsäure mit 5,616 Grm. Bleioxyd ab, und glühte das Abgedampfte in einem Porcellantiegel. Es schmolz und gab ein nach dem Erkalten gelb aussehendes durchsichtiges Glas, das aber nur 6,588 Grm. wog. Es hatte also ungeachtet der Gegenwart eines so stark basisch wirkenden Oxyds wie das Bleioxyd, ein Verlust von 14,96 Proc. Borsäure, die sich beim Abdampfen verflüchtigt hatte, stattgefunden.

Es wurde dieser Versuch modificirt wiederholt. 7,246 Grm. Bleioxyd wurden in Salpetersäure gelöst, die Lösung mit 0,704 Grm. Borsäure abgedampft und die trockne Masse in einem Porcellantiegel geglüht und geschmolzen. Die geschmolzene Masse wog aber nur 7,793 Grm. Der Verlust an Borsäure betrug in diesem Versuche daher 22,30 Proc. und war also beträchtlicher als beim Vorhergehenden.

Da die feuerbeständigen Alkalien die einzigen Basen zu seyn scheinen, welche im Uebermaafs zu einer Auflösung von Borsäure gesetzt, die Verflüchtigung derselben beim Abdampfen ihrer wäfsrigen Lösung verhindern, so suchte ich das dreibasische phosphorsaure Natron ($\dot{Na}^3\dddot{\bar{P}}$) zu diesem Zwecke anzuwenden, da in diesem das dritte Atom des Natrons nur mit schwacher Verwandtschaft gebunden ist, und bekanntlich in der Auflösung schon durch Kohlensäure von der Phosphorsäure getrennt werden kann. Das phosphorsaure Salz wurde von grofser Reinheit angewandt. Hr. Weber löste 1,220 geschmolzener Borsäure und 6,508 Grm. des dreibasischen Salzes, im wasserfreien Zustand, in Wasser auf und verdampfte die Auflösung bis zur Trocknifs. Das Abdampfen mufste mit Vorsicht im Wasserbade geschehen, da die Masse über freiem Feuer abgedampft eine grofse Neigung zum Spritzen zeigte. Sie blieb lange in einem syrupartigen Zustand und überzog sich mit einer Haut, welche das fernere Verdampfen des

Wassers sehr erschwerte. Endlich stärker erhitzt, blähte sie sich zwar stark auf, spritzte aber nicht. Nach mehreren Wägungen wog sie 7,585 Grm. Es hatte also ein Verlust von Borsäure und zwar von 11,72 Proc. stattgefunden.

Es wurden nun die feuerbeständigen Alkalien in ihrem kohlensauren Zustande angewandt. Selbst durch eine concentrirte Auflösung der Borsäure wird die Kohlensäure in der Kälte aus den kohlensauren Alkalien nicht ausgetrieben, und beim Erhitzen nur in einem sehr geringen Grade; erst wenn die Auflösungen der Borsäure und der kohlensauren Alkalien bis zur Trocknifs abgedampft worden sind, und man die trockene Masse zu erhitzen und zu glühen anfängt, findet die Entwickelung der Kohlensäure statt, ohne ein starkes Schäumen zu bewirken.

Wenn man die Menge der Borsäure in ihrer wäfsrigen Auflösung quantitativ bestimmen will, so kann keine andere Methode angewandt werden, als die, zu der Auflösung ein Uebermaafs einer gewogenen Menge von wasserfreiem kohlensauren Natron hinzuzufügen, das Ganze bis zur Trocknifs abzudampfen, die trockene Masse zu glühen, ihr Gewicht, und darauf die Menge der nicht ausgetriebenen Kohlensäure zu bestimmen, woraus sich dann das der Borsäure ergiebt.

Diese Methode ist freilich zeitraubend, giebt aber ein genaues Resultat, doch nur, wenn mit gewisser Vorsicht bei der Untersuchung verfahren wird.

Hr. Weber löste 1,804 Grm. geschmolzene Borsäure gemeinschaftlich mit 3,988 Grm. geschmolzenem kohlensaurem Natron in Wasser auf. Die Lösung wurde zur Trocknifs abgedampft, die saure Masse vorsichtig geglüht, und zum Schmelzen gebracht. Bei starker Hitze war die Masse dünnflüssig, bei schwächerer aber zähe.

Wurde die Masse bei der stärksten Hitze geschmolzen, welche ein kleiner Platintiegel durch die Hitze einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge mit aufgesetztem Schornsteine erhalten kann, so war das Gewicht nach dem Erkalten ein constantes, und veränderte sich auch nicht

durch längeres Stehen. Wurde der Tiegel aber darauf ohne Schornstein bei mäfsiger Hitze geglüht, so nahm das Gewicht etwas zu; es war aber nicht möglich, dadurch ein constantes Gewicht zu erhalten.

Beim schwächeren Glühen nimmt also die Masse wieder etwas Kohlensäure auf, die sie beim stärkeren Glühen verloren hatte.

Die bei starker Hitze erhaltene Masse wog 4,345 Grm. Durch schwächeres Glühen konnte das Gewicht nach und nach bis zu 4,375 Grm. vermehrt werden, das sich aber wieder bis zu 4,345 Grm. durch erneutes starkes Glühen verminderte.

Diese Versuche sind öfters mit demselben Erfolge wiederholt worden.

Durch schwächeres Erhitzen hatte sich die Masse wieder bis zum Gewicht von 4,360 Grm. vermehrt. In diesem Zustande wurde sie in einem Apparate, wie man sich dessen zur Kohlensäure-Bestimmung bedient, durch Schwefelsäure zersetzt. Es wurden 0,215 Grm. Kohlensäure entbunden.

Zieht man von dem Gewichte der geschmolzenen Masse 2,338 Grm. oder die Menge des Natrons in dem angewandten kohlensauren Natron, so wie die 0,215 Grm. der in der geschmolzenen Masse enthalten gewesenen Kohlensäure ab, so erhält man 1,807 Grm. für die Menge der Borsäure. Diefs ist aber sehr nahe das Gewicht der angewandten Säure.

Man sieht also, dafs diese Untersuchung, die freilich etwas umständlich ist, ein sehr genaues Resultat gegeben hat. Es ist übrigens, wie leicht einzusehen, für das Resultat ganz gleichgültig, ob man das Schmelzen der Masse längere oder kürzere Zeit fortsetzt, und ob dabei eine sehr starke oder schwächere Hitze angewandt wird.

Die Menge der durch die Borsäure ausgetriebenen Kohlensäure steht zu jener in keinem sehr einfachen Verhältnisse, und diese ist kein einfaches Aequivalent für jene. Es waren durch 1,804 Grm. Borsäure aus dem kohlensauren Natron 1,435 Grm. Kohlensäure ausgetrieben worden.

Der Sauerstoff der angewandten Borsäure ist 1,2407 Grm., der der ausgetriebenen Kohlensäure aber 1,042. Jener verhält sich zu diesem wie 1:0,839. Es hatte sich also hierbei ein borsaures Natron gebildet, das gegen 2 Atome Borsäure $2\frac{1}{2}$ Atome Natron enthielt, also noch basischer war, als der sogenannte neutrale Borax.

Es darf diefs keine auffallende Erscheinung seyn. Bei noch weit stärkerer Hitze als angewandt wurde, wäre noch mehr Kohlensäure als bei den erwähnten Versuchen verflüchtigt worden. Säuren, wie Borsäure, die in den mannigfaltigsten Verhältnissen sich mit Basen verbinden, treiben beim Schmelzen sehr ungleiche Mengen von Kohlensäure aus kohlensauren Alkalien aus. Ich hatte in der längst vergangenen Zeit, früher ehe Berzelius die Versuche bekannt gemacht hatte, welche Arfvedson über die Sättigungscapacität der Borsäure angestellt [1]), eine Reihe von Versuchen über denselben Gegenstand ausgeführt, aber die Resultate derselben nicht veröffentlicht, weil sie mir keine genügende Resultate gaben, und mit denen von Arfvedson nicht übereinstimmten. Bei diesen schon vor 28 Jahren angestellten Versuchen schmelzte ich gewogene Quantitäten von Borsäure mit gewogenen Mengen von kohlensaurem Natron zusammen, und fand dafs 100 Th. Borsäure sich mit 165,4; 162,6 und 168,8 Th. Natron verbinden. Arfvedson fand durch ähnliche Versuche, dafs 100 Th. Borsäure sich nur mit 135,5 Th. Natron vereinigten. Offenbar waren von uns beiden verschiedene Hitzgrade beim Schmelzen angewandt worden. Aber bei meinen früheren Versuchen wurde durch Borsäure noch mehr Kohlensäure ausgetrieben, als bei den jetzt beschriebenen und ein borsaures Natron erzeugt, dafs gegen 2 Atome Borsäure mehr als 3 Atome (3,6) Natron enthielt. Der Sauerstoff der angewandten Borsäure verhielt sich zu dem der vertriebenen Kohlensäure in den drei angeführten Versuchen wie 1 : 1,203: 1 : 1,212 und 1 : 1,258. In Arfvedson's Versuchen war der Sauerstoffgehalt der angewandten Borsäure dem der

1) Pogg Ann. Bd. 2, S. 131.

ausgetriebenen Kohlensäure gleich, also ein borsaures Natron erzeugt worden, dafs gegen 2 Atome Borsäure 3 Atome Natron enthielt.

Es findet zwischen den verschiedenen Oxyden und Säuren, welche mit kohlensauren Alkalien zusammengeschmolzen, Kohlensäure aus diesen austreiben, ein bemerkenswerther Unterschied statt. Einige von ihnen verjagen eine bestimmte Menge von Kohlensäure, die in einem sehr einfachen Verhältnisse zu dem angewandten Oxyd steht, und gewöhnlich ein Aequivalent von ihm ist, und die verschiedenen Temperaturen, die man während des Schmelzens anwendet, so wie die Dauer des Schmelzens sind auf das Resultat von keinem wesentlichen Einflufs. Andere aber verhalten sich wie die Borsäure; sie verbinden sich in vielen Verhältnissen mit den Alkalien, und die Menge der ausgetriebenen Kohlensäure richtet sich nach verschiedenen Umständen, besonders nach den verschiedenen Temperaturen während des Schmelzens und nach der Dauer des Versuchs.

Zu diesen Oxyden gehören namentlich aufser der Borsäure, die Titansäure, die Tantalsäure und die Pelopsäure, während die Niobsäure zu den Oxyden gerechnet werden mufs, die sich nur in sehr einfachen Verhältnissen mit den Alkalien zu verbinden scheinen.

Diese Eigenschaft der Borsäure, verschiedene Mengen von Kohlensäure aus den kohlensauren Alkalien zu verjagen, ist aber ganz ohne Einflufs auf die qantitative Bestimmung dieser Säure in ihrer wäfsrigen Auflösung nach der oben angeführten Methode.

Es wurde ein ähnlicher Versuch zur Bestimmung der Borsäure in ihrer wäfsrigen Lösung vermittelst des kohlensauren Kalis angestellt. Hr. Weber löste 1,418 Grm. Borsäure und 4,644 Grm. kohlensaures Kali in Wasser auf, und dampfte das Ganze bis zur Trocknifs ab. Auch in diesem Falle fand eine Kohlensäureentwickelung nicht früher statt, als bis die Masse beinahe trocken war, besonders aber erst beim Glühen.

Nach dem Glühen der geschmolzenen Masse zeigte sich dieselbe sonderbare Erscheinung, die beim Schmelzen mit kohlensaurem Natron bemerkt worden war. Das Gewicht der bei schwächerer Hitze geschmolzenen Masse nahm ab, als die stärkste Hitze angewandt wurde, die eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge mit aufgesetztem Schornsteine zu geben vermag, vermehrte sich aber wiederum, als das Schmelzen bei geringer Hitze fortgesetzt wurde. Ohne aufgesetzten Schornstein geschmolzen wog die Masse 5,155 Grm. durch aufgesetzten Schornstein verminderte sie sich endlich bis zu 5,111 Grm.; nahm aber durch kurzes Glühen bei niedriger Temperatur bis zu 5,119 Grm. zu. Aus dieser Menge, durch Schwefelsäure zersetzt, entwichen 0,518 Grm. Kohlensäure.

Zieht man nun von dem Gewichte der geschmolzenen Masse die Menge des Kalis im angewandten kohlensauren Kali oder 3,162 Grm. Kali ab, so wie noch 0,518 Grm. Kohlensäure, so erhält man für die Borsäure 1,434 Grm.; was auch ziemlich gut mit der angewandten Menge übereinstimmt. Da das kohlensaure Kali nicht mit solcher Sicherheit im wasserfreien Zustand, wie das kohlensaure Natron gewogen werden kann, so ist das erhaltene Resultat nicht so genau, wie im ersten Versuche.

Es sind durch 1,418 Grm. Borsäure 0,959 Grm. Kohlensäure aus dem kohlensauren Kali durchs Schmelzen ausgetrieben worden. Der Sauerstoff der angewandten Borsäure ist 0,9756 Grm., der der ausgetriebenen Kohlensäure 0,686. Jene verhalten sich zu diesen wie 1 : 0,700.

Die Menge der Kohlensäure, welche durch Borsäure aus kohlensaurem Natron und aus kohlensaurem Kali ausgetrieben wurden, stehen in keinem einfachen Verhältnisse. Schon Arfvedson hat bemerkt, dafs 100 Th. Borsäure sich beim Schmelzen mit kohlensaurem Kali mit 139 Th. Kali verbinden; der Sauerstoff der Borsäure verhält sich zu dem der ausgetriebenen Kohlensäure hiernach wie 68,8 : 47,2 also nahe wie 1 : 0,68. Es hatte sich hier also neutrales bor-

borsaures Kali ($\dot{K}\dddot{B}$) gebildet. Ich hatte bei meinen früheren Versuchen gefunden, dafs 100 Th. Borsäure sich beim Schmelzen mit 146,5 und 142,6 Th. Kali vereinigten, hiernach verhält sich der Sauerstoff der angewandten Borsäure zu dem der ausgetriebenen Kohlensäure wie 1 : 0,722, was mit dem oben beschriebenen Versuche übereinstimmt. Bei diesen Versuchen bildete sich also ein borsaures Kali, das etwas basischer als das neutrale Salz ist.

Trennung der Borsäure von Basen. — Es ist bekannt, dafs man auf keine Weise die Borsäure in Verbindungen, wenigstens in denen in welchen sie einen wesentlichen Bestandtheil ausmacht, ihrer Menge nach sicherer und genauer bestimmen kann, als wenn man dieselben mit Fluorwasserstoffsäure, darauf mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, und die Borsäure als Fluorbor verjagt. Durch die Menge der erhaltenen schwefelsauren Salze läfst sich am sichersten die Menge der in der Verbindung enthaltenen Basen, und dann die der Borsäure aus dem Verluste finden.

Man kann indessen die Borsäure aus den borsauren Verbindungen noch auf eine andere Weise verjagen, nämlich als Borsäureäther, wenn man sie mit concentrirter Schwefelsäure und Alkohol behandelt. Doch steht diese Methode der vermittelst Fluorwasserstoffsäure die Zeszetzung zu bewirken, bei weitem nach, und kann nur dann angewandt werden, wenn man in Ermangelung einer Platinretorte sich nicht concentrirte Fluorwasserstoffsäure verschaffen kann.

Das Verfahren, das man bei dieser Methode zu beobachten hat, ist folgendes: Nachdem man das Gewicht der borsäurehaltigen Verbindung bestimmt hat, wird dieselbe, am besten in einer grofsen Platinschale (in Ermangelung derselben in einer grofsen Porcellanschale) mit concentrirter Schwefelsäure übergossen und erwärmt, bis sie ganz zersetzt, und, wenn die Base mit der Schwefelsäure keine unlösliche Verbindung bildet, aufgelöst ist. Man läfst darauf das Ganze erkalten, und setzt dann 6 bis 8

Loth starken Alkohol hinzu, wenn man einige Gramme der borsauren Verbindung angewandt hat. Es scheiden sich dadurch die Basen als schwefelsaure Salze ab. Man rührt Alles mit einem Platinspatel gut durcheinander und erwärmt unter beständigem Umrühren bis zum Kochen. Das Umrühren ist nothwendig, weil die Flüssigkeit vor dem Kochen stark aufstöst und spritzt. Ist das Kochen eingetreten, so haben sich die ausgeschiedenen Salze zu einer klaren Flüssigkeit wieder aufgelöst, und das Umrühren ist nicht mehr nöthig. Man dampft hierauf die Flüssigkeit bei starkem Kochen bis zu einem geringen Volumen ein, und bis sie anfängt sich stark zu schwärzen, läfst sie dann erkalten, und übergiefst sie aufs Neue mit 4 bis 6 Loth Alkohol. Dieser mufs mit dem syrupartigen Rückstand gut untereinander gerührt werden. Das Erwärmen mufs darauf unter beständigem Umrühren mit grofser Vorsicht geschehen, damit durch Aufstofsen kein Verlust entstehe, was übrigens sehr leicht vorkommen kann. Ist indessen das Kochen wieder eingetreten, so geht das Abdampfen ruhig von statten, und das Umrühren ist dann nicht mehr nöthig. Man dampft wiederum bis zu einem geringen Volumen ein, und wiederholt die Behandlung mit Alkohol, aber nur mit geringeren Mengen desselben und das Abdampfen unter den angegebenen Vorsichtsmafsregeln noch ein- oder zweimal. Zuletzt wird gänzlich bis zur Trocknifs abgedampft, wobei der Rückstand sehr stark schäumt, und Kohle sich abscheidet, ohne jedoch zu spritzen. Man erhitzt so lange bis alle freie Schwefelsäure sich verflüchtigt hat, bringt den Rückstand in einen kleinen Platintiegel bis zum Glühen, wobei die Kohle sehr leicht verbrennt, und er vollkommen weifs erscheint. Man behandelt ihn dann, namentlich bei Gegenwart von Alkali, auf die bekannte Weise mit kohlensaurem Ammoniak, und bestimmt sein Gewicht. Die Borsäure ist gänzlich verjagt worden.

Hr. Weber erhielt auf diese Weise aus 1,925 Grm. geschmolzenem Borax 1,352 Grm. schwefelsaures Natron, in denen 0,592 Grm. Natron enthalten sind. Der Be-

rechnung nach enthält der angewandte Borax 0,594 Grm. Natron.

Es ist bei dieser Operation nothwendig, dafs das Ganze längere Zeit stark kocht. Würde man bei geringerer Hitze den Alkohol abdampfen, so würde sich minder leicht Borsäureäther bilden, und die Borsäure würde weit schwerer und nicht vollständig verflüchtigt werden können.

Wendet man statt der Schwefelsäure Chlorwasserstoffsäure an, wie C. G. Gmelin schon vor längerer Zeit vorgeschlagen hat, so erzeugt sich lange nicht so leicht, wie durch Schwefelsäure, Borsäureäther, und die Verflüchtigung der Borsäure geht sehr langsam und nicht vollständig von statten.

Versuche, die Borsäure aus ihren Verbindungen quantitativ durch Fällung abzuscheiden. — Die oben beschriebenen Versuche zeigen, dafs es zwar möglich ist, die Menge der Borsäure in ihrer Auflösung in Wasser zu bestimmen, dafs aber die Methode mit Schwierigkeiten verknüpft und zeitraubend ist. Aber sie läfst sich nur anwenden, wenn die wäfsrige Auflösung aufser Borsäure keine anderen Stoffe enthält, ausgenommen vielleicht Ammoniak, welches durch die Einwirkung des kohlensauren Natrons gänzlich verflüchtigt wird.

Der Fall aber, dafs Borsäure ohne andere Bestandtheile in einer wäfsrigen Auflösung enthalten ist, kommt gewifs selten vor. Es ist daher wünschenswerth, eine Methode anzuwenden, die Borsäure aus ihrer Auflösung durch Reagentien als eine unlösliche Verbindung abscheiden zu können, um aus dem Gewichte des erhaltenen Niederschlags das der Borsäure zu finden.

Aber die Borsäure bildet mit vielen Basen zwar schwer lösliche, aber gar keine vollkommen unlösliche Salze. Fällt man die Auflösung von einem borsauren Salze z. B. von Borax durch Salze von Erden- und Metalloxyden, so ist oft das erzeugte schwer lösliche borsaure Salz in einem Ueberschufs von Borax unauflöslich, aber auflöslich in

einem Ueberschusse der Erd- oder Metalloxydsalze, wie z. B. das borsaure Bleioxyd.

Die einzige Verbindung, durch welche die Borsäure aus ihrer Auflösung vollständig ausgeschieden werden könnte ist das von Berzelius zuerst dargestellte Borfluorkalium. Dasselbe ist im Wasser sehr schwer löslich und dem Kieselfluorkalium sehr ähnlich. Berzelius giebt an, dafs es auch in geringer Menge in Alkohol auflöslich sey, was ich indessen nicht bestätigt fand. In einer Auflösung von Chlorammonium ist es aber auflöslicher als im blofsen Wasser.

Berzelius[1]) hat vorgeschlagen, die Erzeugung dieser Verbindung zu benutzen, um die Borsäure quantitativ abzuscheiden. Zu dem Ende soll man die borsaure Verbindung mit Fluorwasserstoffsäure übergiefsen, damit digeriren, und dann den Ueberschufs der Säure im Wasserbade abdampfen. Der Rückstand besteht dann aus einer Fluorbor- und einer Fluorverbindung. Die erstere ist im Wasser löslich, besonders wenn dieses mit ein wenig Chlorwasserstoffsäure schwach sauer gemacht worden ist; die letztere ist darin unlöslich. Die Lösung und das Waschwasser werden concentrirt, und mit einer Lösung von essigsaurem Kali im Ueberschufs vermischt. Die Masse verdickt sich dadurch zu einem Magma, indem sich Borfluorkalium bildet. Sie wird nun mit starkem Alkohol umgerührt, worin sich die essigsauren Salze auflösen. Das Borfluorkalium wird auf ein gewogenes Filtrum gebracht, mit kaltem Alkohol gewaschen, bei 100° C. getrocknet, gewogen und aus dem Gewichte die Menge der dem Borfluorkalium entsprechenden Borsäure berechnet. Die alkoholische Auflösung wird bis zur Verflüchtigung des Alkohols verdampft, und die in dem Rückstande enthaltenen Basen nach bekannten Regeln bestimmt. Das ungelöste Fluorür wird vermittelst Schwefelsäure zersetzt und aus dem erhaltenen schwefelsauren Salze die Base bestimmt.

Eine grofse Menge von quantitativen Analysen, welche Hr. Weber angestellt hat, um die Borsäure als Borfluor-

1) Berzelius Lehrbuch 3. Auflage S. 81.

kalium zu bestimmen, haben indessen kein günstiges Resultat gegeben.

Wenn man eine borsaure Verbindung mit einem Ueberschufs von Fluorwasserstoffsäure behandelt, so ist wohl unstreitig Kalkerde die passendste Base, um den Ueberschufs der Fluorwasserstoffsäure zu entfernen, da Fluorcalcium die unauflöslichste der Fluorverbindungen zu seyn scheint.

Hr. Weber versetzte die Lösung von 1,218 Grm. wasserfreiem Borax mit Fluorwasserstoffsäure, behandelte das Ganze mit einem Ueberschufs von reiner kohlensaurer Kalkerde im Ueberschufs, bis kein Brausen mehr bemerkt wurde, und kochte, weil das Fluorcalcium sich nur durchs Kochen auf diese Weise gut abscheidet. Die filtrirte Lösung wurde mit essigsaurem Kali versetzt, wodurch kein Niederschlag entstand, der sich erst beim Abdampfen zeigte. Es wurde dann so viel Alkohol hinzugefügt, dafs das Volumen derselben dem der Flüssigkeit gleich war und nach 24 Stunden filtrirt. Der mit Alkohol gewaschene und bei 100° C. getrocknete Niederschlag wog nur 1,542 Grm. Diefs ist aber gerade die Hälfte von dem, was man hätte erhalten müssen, denn diese Menge entspricht nur 0,423 Grm. Borsäure, während im angewandten Borax 0,841 Grm. Borsäure enthalten sind.

Der Versuch wurde oft, auch modificirt wiederholt.

1,117 Grm. Borax mit Fluorwasserstoffsäure, darauf mit kohlensaurer Kalkerde und endlich mit essigsaurem Kali und Alkohol, wie zuvor behandelt, gab 2,208 Grm. Borfluorkalium, die 0,614 Grm. Borsäure entsprechen. Der angewandte Borax aber enthält 0,772 Grm. Borsäure.

0,993 Grm. Borax in Wasser aufgelöst wurden zuerst mit Salpetersäure, dann mit Fluorwasserstoffsäure und endlich mit kohlensaurer Kalkerde behandelt, worauf zu der filtrirten Lösung essigsaures Kali und Alkohol hinzugefügt wurden. Es wurden 2,733 Grm. Borfluorkalium erhalten, die 0,760 Grm. Borsäure entsprechen. Da diefs weit mehr ist, als man hätte erhalten müssen, indem die angewandte

Quantität Borax nur 0,686 Grm. Borsäure enthält, so wurde das Borfluorkalium von Neuem mit Weingeist, welcher aus 3 Vol. starkem Alkohol und 1 Vol. Wasser bestand, lange und anhaltend ausgesüfst. Die abfiltrirte Flüssigkeit enthielt keine Salpetersäure, aber kleine Mengen von Kalkerde, und als das Salz davon ausgewaschen war, wog es nur 1,807 Grm., welche nur 0,502 Grm. Borsäure entsprechen. Mit Schwefelsäure zersetzt, zeigte sich im Rückstande eine bedeutende Menge von Kalkerde.

1,100 Grm. des sogenannten neutralen Borax im wasserfreien Zustande $Na\ddot{B}$ wurden nach Auflösung im Wasser mit Fluorwasserstoffsäure versetzt, und dann mit kohlensaurer Kalkerde behandelt. Durch das nachherige Zusetzen von essigsaurem Kali und von Alkohol wurden nur 0,866 Grm. Borfluorkalium erhalten, die nur 0,241 Grm. Borsäure entsprechen, während in dem angewandten Salze 0,508 Grm. davon enthalten sind. Aber auch die geringe Menge des erhaltenen Borfluorkaliums enthielt viel Kalkerde.

Es folgt aus diesen Versuchen, dafs man auf keine Weise die Borsäure als Borfluorkalium bestimmen kann, wenn sie an Natron oder an andere Basen gebunden ist. Bei der Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure bildet sich dann Borfluornatrium, das durch essigsaures Kali nicht vollständig in Borfluorkalium und durch kohlensaure Kalkerde beim Kochen etwas zersetzt wird, wodurch eine gewisse Menge von Borfluorcalcium entsteht, das dann immer in dem erhaltenen Borfluorkalium enthalten ist.

Selbst Borsäure, im Wasser aufgelöst, kann nicht vollständig in Borfluorkalium umgewandelt werden. Hr. Weber erhielt durch 1,394 Grm. Borsäure nach der Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure, Scheidung des Ueberschusses derselben durchs Kochen mit kohlensaurer Kalkerde, und Behandlung der filtrirten Flüssigkeit mit essigsaurem Kali und Alkohol 4,981 Grm. Borfluorkalium, die 1,386 Grm. Borsäure entsprechen, was zwar sehr nahe der angewandten Menge gleichkommt, aber das erhaltene Borfluorkalium enthielt sehr viel Borfluorcalcium. Das Fluor-

kalium wird also durchs Kochen mit kohlensaurer Kalkerde theilweise zersetzt, obgleich Berzelius die Unzersetzbarkeit dieses Salzes durch die Hydrate und Carbonate der Alkalien und Erden beim Kochen hervorgehoben hat.

Da das Fluorkalium ein zerfliefsliches Salz ist, so wurde versucht, es durch Alkohol vom Borfluorkalium zu trennen, was aber gänzlich mifslang. Hr. Weber behandelte 0,881 Grm. Borsäure mit essigsaurem Kali, darauf mit Fluorwasserstoffsäure und endlich mit Alkohol. Es wurden aber 3,851 Grm. Borfluorkalium erhalten, während der angewandten Menge von Borsäure nur 3,164 Grm. entsprechen. Mit dem Borfluorkalium war also auch Fluorkalium gefällt worden.

Trennung der Borsäure von Fluorverbindungen. — In manchen in der Natur vorkommenden Silicaten kommt Fluor neben Bor vor. Ob beide darin zu einem Borfluormetalle vereinigt sind, ist nicht genau untersucht; es scheint jedoch noch überschüssige Borsäure neben einer solchen Verbindung vorhanden zu seyn.

Die quantitative Bestimmung des Fluors bei Gegenwart von Borsäure ist mit solchen Schwierigkeiten verknüpft, dafs sie noch nicht überwunden worden sind. Hr. Weber löste 0,680 Grm. Fluornatrium und 0,803 (wasserfreien) Borax in Wasser auf, und versetzte die Auflösung mit Salpetersäure. Es wurde darauf kohlensaure Kalkerde hinzugefügt, das Ganze erhitzt und filtrirt. Aus dem Ungelösten wurde die Menge des Fluorcalciums nach einer früher beschriebenen Methode bestimmt [1]). Es wurden aber nur 0,363 Grm. Fluorcalcium erhalten, die 0,175 Grm. Fluor entsprechen, während in dem angewandten Fluornatrium 0,305 Grm. Fluor enthalten sind. Es hatte sich also Fluorbornatrium gebildet, das durch die Behandlung mit kohlensaurer Kalkerde nur theilweise zersetzt worden war.

Trennung der Borsäure von der Phosphorsäure. — v. Kobell hat vorgeschlagen, diese Trennung auf die Weise zu bewirken, dafs man zu der Auflösung beider eine Eisen-

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 115.

chloridauflösung hinzufügt, und das Ganze darauf durch einen Ueberschufs von kohlensaurer Kalkerde fällt [1]); eine Trennung, wie er sie auch bei der des Fluors von der Phosphorsäure empfiehlt.

Der Zusatz der Eisenchloridauflösung ist hierbei nicht nothwendig. Ich habe schon vor einiger Zeit gezeigt, dafs ᶜPhosphorsäure, sowohl im freien Zustand, als auch an Basen gebunden, durch kohlensaure Baryterde vollständig in der Kälte gefällt werden könne, wenn man zu der Auflösung etwas Salpetersäure oder Chlorwasserstoffsäure hinzufügt [2]). Wird eine Auflösung von Borax durch Chlorwasserstoffsäure sauer gemacht, und dann mit einem Ueberschusse von kohlensaurer Baryterde in der Kälte behandelt, so ist in dem Ungelösten keine Borsäure enthalten; es besteht nur aus kohlensaurer Baryterde.

Durch kohlensaure Baryterde kann daher die Trennung der Borsäure von der Phosphorsäure bewirkt werden. Die höchste Genauigkeit erreicht man aber dadurch nicht, da phosphorsaure Baryterde in einer Boraxauflösung nicht ganz vollständig unlöslich ist. Digerirt man in der Kälte trockne phosphorsaure Baryterde mit einer concentrirten Lösung von Borax, so enthält nach einiger Zeit die filtrirte Lösung Spuren sowohl von Baryterde als auch von Phosphorsäure, welche letztere leicht durch molybdänsaures Ammoniak darin zu entdecken ist.

Hr. Weber behandelte 2,186 Grm. ᶜphosphorsaures Natron, und ungefähr 3 Grm. Borax in Wasser gelöst, in der Kälte unter öfterem Umrühren mit einem Uebermaafs von kohlensaurer Baryterde, nachdem vorher Chlorwasserstoffsäure zu der Auflösung hinzugefügt worden war. Nach 24 Stunden wurde filtrirt und ausgesüfst; aber selbst nach langem Auswaschen gab das Waschwasser nach dem Verdampfen einen Rückstand, und reagirte vermittelst des molybdänsauren Ammoniaks auf Phosphorsäure. — Das Ungelöste wurde in Chlorwasserstoffsäure gelöst, die Baryt-

1) Journ. für prakt. Chem. Bd. 36, S. 305.
2) Pogg. Ann. Bd. 78, S. 221.

erde durch Schwefelsäure entfernt, und darauf die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Es wurden 0,870 Grm. geglühte $Mg^2\dddot{P}$ erhalten, die 0,551 Grm. Phosphorsäure entsprechen.

Da das ^{c}phosphorsaure Natron in mehreren Verhältnissen sich mit Krystallwasser verbindet und dabei stark verwittert, so wurde von demselben Salze, das zu dem Versuche angewandt worden war, ein Theil vorsichtig geglüht, um seinen Wassergehalt zu bestimmen. Es entsprechen, da das angewandte Salz stark verwittert war, nach dem angestellten Versuche jene 2,186 Grm. 0,576 Grm. Phosphorsäure. Es wurden also nur 25,20 Proc. Phosphorsäure vom krystallisirten Salze statt 26,35 Proc. erhalten.

Wird phosphorsaure Ammoniak-Talkerde mit einer concentrirten Boraxauflösung längere Zeit in der Kälte digerirt, so kann in der filtrirten Lösung keine Phosphorsäure wahrgenommen werden. Es wurden deshalb 2,647 Grm. des phosphorsauren Natrons (welche 1,307 $\dot{Na}^2\dddot{P}$ oder 0,697 Grm. Phosphorsäure entsprechen) nach der Auflösung in Wasser mit einer bedeutenden Menge einer Boraxauflösung versetzt, und aus der Auflösung die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Man erhielt 1,137 Grm. geglühter $\dot{Mg}^2\dddot{P}$ (mit 0,720 Grm. Phosphorsäure), in welcher also noch eine geringe Menge von Borsäure enthalten war. Das geglühte Salz, mit Schwefelsäure und Alkohol behandelt, färbte die Flamme des letztern nicht grün, aber in Chlorwasserstoffsäure gelöst, wurde Curmunpapier durch die Lösung nach dem Trocknen sehr schwach gebräunt.

Der Ueberschufs an Phosphorsäure, welchen man nach dieser Methode erhält, ist also ebenso grofs wie der Verlust, der durch die Methode vermittelst kohlensaurer Baryterde entsteht.

Trennung der Borsäure von Basen in unlöslichen Verbindungen. — Sie können durchs Schmelzen mit kohlen-

sauren Alkalien vollständig zersetzt werden, so, dafs wenn die geschmolzene Masse mit Wasser behandelt wird, die ganze Menge der Borsäure sich mit dem überschüssigen kohlensauren Alkali auflöst, während die Base ungelöst zurückbleibt, wenn sie nicht in einer Auflösung von kohlensaurem Alkali mehr oder weniger löslich ist.

Hr. Weber hat auf diese Weise borsaure Baryterde und borsaure Magnesia zersetzt.

Die borsaure Baryterde schmilzt mit der vierfachen Menge von kohlensaurem Natron leicht zu einer klaren Flüssigkeit. Die geschmolzene Masse hinterläfst, mit Wasser behandelt, kohlensaure Baryterde ungelöst, deren Baryterdegehalt genau dem entsprach, welcher in der schwefelsauren Baryterde enthalten war, die aus derselben borsauren Baryterde nach Auflösung derselben in verdünnter Chlorwasserstoffsäure durch Fällung mit verdünnter Schwefelsäure erhalten wurde.

Als borsaure Magnesia wurde Boracit von Lüneburg angewandt, aber absichtlich nicht klare und durchsichtige Krystalle, sondern kleine, undurchsichtige, offenbar schon in einem anfangenden Zustande der Zersetzung begriffene. 1,002 Grm. davon wurden mit der vierfachen Menge von kohlensaurem Kali geschmolzen. Die geschmolzene Masse bildete nicht während des Schmelzens eine vollkommen klare durchsichtige Flüssigkeit, sondern es schwammen nicht aufgelöste Flocken darin herum. Nach der Behandlung der geschmolzenen Masse mit heifsem Wasser blieben 0,310 Grm. Magnesia ungelöst, aus welcher nach der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure noch 0,008 Grm. Eisenoxyd abgeschieden wurden. Durch Oxalsäure konnte keine Spur von Kalkerde wahrgenommen werden, aber die durch phosphorsaures Natron abgeschiedene phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gab nach dem Glühen 0,825 Grm. $\dot{M}g^2 \overset{\therefore}{P}$, welche 0,302 Grm. Magnesia, also gerade so viel enthalten, als die früher erhaltene Magnesia, nach Abzug des Eisenoxyds, beträgt.

Da die reine Magnesia etwas auflöslich im Wasser ist,

so enthält die wäfsrige Auflösung der geschmolzenen Masse etwas davon. Sie wurde deshalb durch Chlorwasserstoffsäure übersättigt, dann mit Ammoniak neutralisirt und mit phosphorsaurem Natron versetzt, wodurch noch 0,057 Grm. geglühte $\dot{M}g^2 \dddot{P}$ erhalten wurden. Die Analyse ergab also

Magnesia	32,23
Eisenoxyd	0,79
Borsäure (als Verlust)	66,98
	100,00.

Schon Rammelsberg hat undurchsichtige Krystalle des Boracits untersucht [1]), und in ihnen einen etwas gröfseren Talkerdegehalt als in den durchsichtigen Krystallen gefunden. Bei den von Hrn. Weber analysirten Krystallen war aber, da sie noch etwas mehr Magnesia enthalten, als die von Rammelsberg untersuchten, die Zersetzung noch weiter vorgeschritten, durch welche der Gehalt von Borsäure sich in dem Maafse vermindert, als der der Magnesia sich vermehrt.

Die Magnesia im Boracit kann auch noch von der Borsäure nach der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia abgeschieden werden. Hr. Weber erhielt aus 1,753 Grm. der undurchsichtigen Boracitkrystalle 1,572 Grm. $\dot{M}g^2 \dddot{P}$ und 0,008 Grm. Eisenoxyd. Hiernach waren die Krystalle zusammengesetzt aus:

Magnesia	32,86
Eisenoxyd	0,45
Borsäure (als Verlust)	66,69
	100,00.

Es ist noch zu bemerken, dafs dieser Boracit beim Glühen einen Verlust von 3,52 Proc. zeigt, die wohl aus Wasser bestanden. Es ist möglich, dafs statt der ausgeschiedenen Borsäure Wasser in die Zusammensetzung eingetreten ist.

Aus den Verbindungen der Borsäure mit den metallischen Basen kann man letztere aus der Auflösung in Säu-

1) Pogg. Ann. Bd. 49, S. 449.

ren, theils durch Schwefelwasserstoff, theils durch Schwefelammonium scheiden. Ist die Borsäure mit alkalischen Erden verbunden, so können diese entweder durchs Schmelzen mit kohlensauren Alkalien, oder aus der Auflösung in Säuren durch Schwefelsäure ohne oder mit Zusatz von Alkohol getrennt werden. Die Magnesia wird von der Borsäure theils durchs Schmelzen mit kohlensaurem Kali geschieden, theils aus der Auflösung in Säuren als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Nur die Alkalien können auf keine andere Weise von der Borsäure geschieden werden, als dafs man letztere entweder als Fluorbor oder als Borsäureäther verjagt, Methoden, die auch bei den Verbindungen der Borsäure mit andern Basen angewandt werden können [1]).

VII. *Untersuchung nordamerikanischer Mineralien (Nemalit, Orthit, schwarzes Kupferoxyd); von C. Rammelsberg.*

I. Nemalit.

Vor einiger Zeit erhielt ich einige Stücke dieses Minerals aus dem Serpentin von Hoboken in New Jersey. Es bildet parallelfaserige hellgrüne Massen; die Fasern sind seidenglänzend, elastisch, lassen sich nicht zu Pulver zerreiben.

Nuttal erklärte diese Substanz für ein wasserhaltiges Talkerdecarbonat; Thomson analysirte als Nemalit ein Silikat, und Connel hat zuletzt die erste Angabe bestätigt. Die Analysen der beiden Letzteren hatten gegeben:

1) Nachdem der Druck dieser Abhandlung schon angefangen hatte, ersahe ich aus dem pharmac. Centralblatt No. 24, S. 390, dafs Hr. Schweitzer sich ebenfalls mit der quantitativen Bestimmung der Borsäure beschäftigt hat.

	Thomson.		Connel.
Kieselsäure	12,568		0,80
Talkerde	51,721		57,86
Eisenoxyd	5,874	Oxydul	2,84
Wasser	29,666		27,96
	99,829	Kohlensäure	10,00
			99,46

Aber die mir als Nemalit zugekommene Substanz, obwohl sie alle Eigenschaften zeigt, welche die amerikanischen Mineralogen demselben zuschreiben, ist weder ein Carbonat noch ein Silikat. Beim Glühen giebt sie Wasser und wird bräunlichgelb. Sie löst sich ohne die geringste Spur von Kohlensäure in Chlorwasserstoffsäure auf, (die geglühte erhitzt sich mit der Säure) und besteht aus:

		Sauerstoff.	
Talkerde	64,86	25,49	26,39
Eisenoxydul	4,05	0,90	
Wasser	29,48		26,20
Kieselsäure	0,27		
	98,65.		

Sie ist folglich *Talkerdehydrat*, $\dot{\mathrm{M}}\mathrm{g}\,\dot{\mathrm{H}}$, d. h. mit dem *Brucit* identisch, welcher an demselben Orte vorkommt, aber, den Beschreibungen zufolge, eine ganz andere Beschaffenheit hat, da er weifse, blätterige Massen bildet. Ich mufs es dahin gestellt seyn lassen, ob die von mir untersuchte Substanz wirklich der ächte Nemalit Nuttals ist.

II. Orthit.

Hr. Prof. Dana in Newhaven, Connecticut, schickte mir eine Probe eines schwarzen Minerals von East Bradford, Chester County in Pennsylvanien, von dem man vermuthet hatte, dafs es Tscheffkinit oder Gadolinit sey. Ich habe es als Orthit erkannt.

Es ist derb, fettglänzend, von flachmuschligem Bruch, spröde, hat ein spec. Gewicht = 3,535. Vor dem Löthrohr schwillt es stark auf, sich wurmförmig krümmend und

schmilzt dann zu einer schwarzbraunen Kugel. Beim Glühen zeigt es keine Feuererscheinung, wird braun und verliert nur 1 Proc. am Gewicht.

Von Chlorwasserstoffsäure wird es leicht unter Gallertbildung zersetzt. Die Auflösung enthält beide Oxyde des Eisens.

Die Analyse gab:

			Sauerstoff.
Kieselsäure	31,86		16,55
Thonerde	16,87	7,88	8,95
Eisenoxyd	3,58	1,07	
Eisenoxydul	12,26	2,72	9,75
Ceroxydul	21,27	3,15	
Lanthanoxyd	2,40	0,35	
Kalkerde	10,15	2,88	
Talkerde	1,67	0,65	
Glühverlust	1,11		
	101,17.		

Diefs Resultat stimmt ganz mit dem von mir früher an anderen Orthiten erhaltenen überein [1]), wonach *Allanit* und *Orthit* identisch und von der Zusammensetzung des Granats sind. Es beweist aber zugleich, dafs der Wassergehalt mancher Orthite unwesentlich, und erst später aufgenommen ist.

Das Vorkommen des Allanits in den vereinigten Staaten wird von Dana [2]) zu Haddam in Connecticut, Bolton in Massachusets, South Royalston, Athol und Monroe in New-York angegeben.

III. Schwarzes Kupferoxyd.

Auf der Südseite des Oberen Sees (*Lake Superior*) im Staate Michigan hat man bekanntlich in neuester Zeit ansehnliche Massen von gediegenem Kupfer (theilweise von Silber begleitet) und von anderen Kupfererzen gefunden. In einem Conglomeratgestein in der Nähe von Copper-

1) S. diese Ann. Bd. 76, S. 96.

2) *Syst. of Min. II. Edit. p.* 430.

Harbour kommen abgerundete schwere Massen von schwarzem Kupferoxyd, zum Theil von bedeutender Gröfse vor.

Es ist braunschwarz, theils krystallinisch blättrig, theils dicht, schwer zersprengbar, hat ein spec. Gew. = 5,952, und ist nur hie und da von ein wenig Kieselkupfer begleitet.

Gegen Reagentien verhält es sich wie reines Kupferoxyd.

Hr. Joy aus Boston analysirte es in meinem Laboratorium und fand in einem sehr reinen Stück 99,45 Proc. Kupferoxyd; in einer anderen Probe 1,19 Eisenoxyd, 0,23 Kalkerde und 3,38 Kieselsäure.

Das Kupferoxyd hat man bisher nur als einen dünnen weichen Ueberzug auf anderen Kupfererzen gefunden, und *Kupferschwärze* genannt. Es scheint dieselbe aber niemals sehr rein zu seyn. Nach Semmola soll Kupferoxyd in dünnen Blättchen im Krater des Vesuvs vorkommen; es ist *Tenorit* genannt worden.

VIII. *Vierte Notiz über neue, sonderbare Anwendungen des Verweilens der Eindrücke auf die Netzhaut; von Hrn. J. Plateau.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem *Bullet. de l'acad. roy. de Belgique T. XVI. No.* 10. — Die drei ersten Notizen finden sich in diesen Ann. Bd. 78, S. 563, Bd. 79, S. 269 und Bd. 80, S. 150.

Nimmt man eine zum gewöhnlichen Phänakistikop gehörende Scheibe und betrachtet, statt durch die Zone der Oeffnungen nach dessen Bilde im Spiegel zu schauen, diese Scheibe direct, während man sie rasch rotiren läfst, so verwischen sich die darauf abgebildeten Figuren, und statt dieselben ihre Bewegungen ausführen zu sehen, unterschei-

det man nur noch eine Reihe kreisrunder concentrischer Streifen von verschiedener Farbe. Diefs ist ein nothwendiges und bekanntes Resultat des Verweilens der Eindrücke. Indefs giebt es einen Fall, in welchem diese Verwirrung nicht stattfindet, oder, mit anderen Worten, es giebt eine gewisse, freilich sehr einfache Art von Bewegung, bei welcher die rotirende Scheibe, ohne irgend ein Hülfsmittel beobachtet, die Erscheinung hervorbringt.

Auf eine weifse Pappscheibe von 25 Centim. Durchmesser zeichne man eine archimedische Spirale, so, dafs deren Mittelpunkt mit dem der Scheibe zusammenfällt und die Windungen derselben etwa 12 Millim. auseinanderstehen. Darauf zeichne man eine zweite Spirale, parallel mit der ersteren, und von dieser um 4 Millim. entfernt. Diese beiden Linien zusammen bilden sonach auf der Scheibe einen spiralförmig gewundenen Streifen von 4 Millim. Breite. Nun beschreibe man, vom Mittelpunkt der Scheibe aus, drei Kreise, die respective $1\frac{1}{2}$, 5 und $8\frac{1}{2}$ Centim. im Durchmesser halten, unterbreche aber die beiden letzteren da, wo sie den spiralförmigen Streifen treffen, so dafs sie nur in den Zwischenräumen der Windungen dieses Streifens ausgezogen sind. Alsdann schwärze man den kleinen centralen Kreis, streiche den Raum zwischen diesem und dem zweiten blau an, den Raum zwischen dem zweiten und dem dritten gelb, und das Uebrige roth, lasse aber die Windungen des spiralförmigen Streifens weifs. Die Farben blau, gelb und roth müssen intensiv seyn. Fig. 20 Taf. II. stellt die so vollendete Scheibe dar (Im Original ist die Figur farbig ausgeführt; hier sind die Farben durch die Buchstaben *r* (dunkles Rosenroth) *g* (gelb) und *b* (intensives Hellblau) angedeutet).

Läfst man nun diese Scheibe rotiren, in dem vom Pfeile angegebenen Sinne und mit der Geschwindigkeit, die man ihr durch einen raschen Impuls mit der Hand ertheilen kann, so bewahren der schwarze Kreis und die farbigen Zonen noch dasselbe Ansehen, wie es offenbar seyn mufs; allein der spiralförmige Streifen erscheint als eine Reihe weifser

scharf

scharf gezeichneter Ringe, die, einer nach dem anderen, am Rande des schwarzen Kreises entstehen, allmälig an Gröfse zunehmen, folgweise durch die blaue, gelbe und rothe Zone wandern, und sich am Umfang der Scheibe verlieren. Läfst man die Scheibe in entgegengesetzter Richtung rotiren, so entspringen die Ringe dagegen am äufseren Umfang, und ziehen sich zusammen, um, einer nach dem anderen, im schwarzen Kreise zu verschwinden.

Die eben beschriebene Täuschung erklärt sich zu leicht, als dafs ich deshalb irgend ins Einzelne zu gehen brauchte; sie ist überdiefs von gleicher Art und von gleicher Herkunft wie die, welche sich zeigt, wenn man eine Schraube mit nicht zu grofser Geschwindigkeit um ihre Axe dreht. Man weifs, dafs dabei die Schraubengänge noch direct gesehen werden, und, statt sich um die Axe zu drehen, mit einer im Sinne dieser Axe fortlaufenden Bewegung begabt zu seyn scheinen.

Wenn man aber unsere Scheibe zweckmäfsig modificirt, gelingt es, eine sonderbare Täuschung anderer Art hervorzubringen. Zu dem Ende müssen die Spiralgänge des weifsen Streifens weiter auseinander stehen und nur etwa 2 Millim. breit seyn, sich auch auf einem vollständig schwarzen Grunde befinden (Fig. 21 Taf. II.). Um diese Scheibe mit gehöriger Regelmäfsigkeit und Schnelligkeit rotiren zu lassen, mufs man sie auf einer Rolle befestigen, die durch eine gröfsere bewegt werden kann. Man kann sie z. B. auf einer der Kupferrollen des in meiner ersten Note beschriebenen Instruments (Ann. Bd. 78, S. 563) befestigen, und mufs dann dem Handgriffe eine solche Geschwindigkeit geben, dafs die Scheibe 6 bis 7 Umläufe in der Sekunde macht. Da die Spiralgänge des weifsen Streifens auf dieser Scheibe viel schiefer gegen die Radien liegen als auf der vorhergehenden, so begreift man, dafs die Ringe nicht mehr scharf gezeichnet erscheinen und ihre scheinbare Bewegung nach dem Umfang oder Mittelpunkt viel rascher seyn wird. Wenn man nun die Scheibe, während man sie im Sinne des Pfeiles dreht, mit auf das Centrum gerichteten

Augen betrachtet, hinlänglich lange, aber doch nicht bis zum Ermüden der Augen, und man wendet nun diese sogleich auf einen anderen Gegenstand, z. B. auf das Gesicht einer Person, so sieht man eine sonderbare Erscheinung: es scheint nämlich der Kopf der Person eine Zeit lang kleiner zu werden. Dreht man dagegen die Scheibe im umgekehrten Sinn, so ist der Effect ein umgekehrter: der Kopf scheint sich zu vergröfsern.

Diese Täuschung zeigt sich bei verschiedenen Individuen in sehr ungleichem Grade. Von acht Personen, mit denen ich einzeln den Versuch anstellte, sahen zwei gar nichts; eine dritte dagegen, für welche ich das Instrument so drehen liefs, dafs sich die Ringe verkleinern mufsten, und die, nachdem sie die drehende Scheibe betrachtet hatte, die Augen auf mein Gesicht richtete, rief mit Erstaunen aus, dafs sie meinen Kopf sich ungeheuer vergröfsern sehe. Die fünf anderen endlich sahen die Erscheinung zwar vollkommen, aber mit geringerer Intensität. Uebrigens würde sich das Phänomen wahrscheinlich auch bei den beiden ersten Personen entwickelt haben, wenn ich den Versuch weiter fortgesetzt hätte; denn begreiflich ist der Anblick einer solchen rotirenden Scheibe ermüdend für das Auge, man mufs also bei diesem Versuch mit vieler Schonung zu Werke gehen, und wenn man ihn mit derselben Person wiederholen will, darf es nur in langen Zwischenräumen geschehen. Eben um diese Ermattung des Auges zu verringern, habe ich dem weifsen Streifen nur eine Breite von 2 Millimetern gegeben.

Die wunderliche Täuschung, welche ich eben beschrieben, ist von gleicher Ordnung mit der, welche sich darbietet, wenn die Augen von Gegenständen, die wahrhaft oder scheinbar in rascher Fortbewegung begriffen sind, einen verlängerten Eindruck erhalten haben. So z. B. scheinen die Gegenstände am Wege, welche, während man fährt, sich neben dem Wagen zu bewegen schienen, im Augenblick, wo man anhält, eine entgegengesetzte Bewegung anzunehmen. Bei der Scheibe, wenn diese im Sinne des

Pfeiles rotirt, hat das Auge den unausgesetzt erneuten Anschein einer Vergröfserung der weifsen Ringe gehabt, und es gewahrt darauf den entgegengesetzten Anschein d. h. den einer Verkleinerung. Umgekehrt, wenn die Scheibe im anderen Sinne rotirt, und das Auge den steten Anschein einer Verkleinerung der weifsen Ringe gehabt hat, ist es der Anschein einer Vergröfserung, den es wahrnimmt. Diese Tendenz des Organs, uns die Empfindung einer Bewegung zu geben, die der, von welcher es einen längeren Eindruck erhalten hat, entgegengesetzt ist, kann als eine allgemeine Thatsache betrachtet werden, und sie wird ein neues Argument zu Gunsten des Princips der Oscillationen der Eindrücke, eines Princips, welches meiner Theorie der zufälligen Farben, die ich am Schlufse meiner Abhandlung über diese Farben zu verallgemeinern suchte, zum Grunde liegt [1]).

Dieses Princip, das mir hier zu wiederholen erlaubt seyn mag, ist folgendes:

Sobald ein Organ einer längeren Erregung unterworfen wird, setzt es einen Widerstand entgegen, der mit der Dauer dieser Erregung wächst. Wird es darauf plötzlich der erregenden Ursache entzogen, so sucht es seinen normalen Zustand wieder zu gewinnen, durch einen analogen Gang wie den einer Springfeder, die, abgelenkt aus ihrer Gleichgewichtsform und darauf losgelassen, durch abnehmende Oscillationen, vermöge derer sie wechselsweise nach der einen und der andern Seite ausschlägt, in diese Form zurückkehrt. Das will sagen: Im Moment, wo das Organ aufhört, unter dem Einflufs der erregenden Ursache zu stehen, geht es anfangs rasch zu seinem normalen Zustand zurück; aber vermöge einer Art erlangter Geschwindigkeit überschreitet es diesen normalen Zustand, um sich momentan in einen entgegengesetzten zu versetzen; darauf kehrt es wieder zum

1) *Essai d'une théorie générale comprenant l'ensemble des apparences visuelles qui succèdent à la contemplation des objets colorés, etc.* (*Mém. de l'acad. de Brux. T. VIII.* — Auszugsweise in diesen Annalen Bd. 32, S. 543.)

normalen Zustand zurück und strebt aufs Neue ihn zu überschreiten, indem es, jedoch mit geringerer Intensität, den der Erregung entsprechenden Zustand wieder annimmt, um zum zweiten Male, jedoch noch schwächer wie zuvor, in den entgegengesetzten Zustand zurückzugehen, und sofort, bis endlich der normale Zustand definitiv erreicht ist.

Aus diesen successiven Zuständen des Organs entspringt eine Reihe abwechselnd entgegengesetzter und an Stärke abnehmender Empfindungs-Phasen, von denen die einen von gleicher Natur mit der ursprünglichen Empfindung sind und positive Phasen genannt werden können, während die anderen entgegengesetzter Natur sind und negative Phasen zu heifsen verdienen.

Die Empfindungen, welche auf eine längere und dann plötzlich abgebrochene Erregung folgen, sind bei weitem nicht immer so regelmäfsig und vollständig in ihrem Gang; allein ich habe in Betreff der zufälligen Farben Beispiele gegeben, die das Princip in seiner ganzen Vollständigkeit bewahrheiten. Unter anderen habe ich einen Versuch beschrieben, durch welchen man bis fünf negative Phasen, abwechselnd mit positven, betrachten kann. Zuweilen unterscheidet man nur eine Reihe negativer Phasen, sey es, dafs die dazwischenfallenden positiven wirklich nicht vorhanden sind, oder, was wahrscheinlicher ist, dafs sie zu wenig Intensität besitzen, um scharf wahrgenommen werden zu können. Dieser Gang ist bei den zufälligen Farben häufig. In vielen Fällen endlich gewahrt man nur die erste negative Phase; diefs geschieht z. B. bei dem Versuch mit unserer Spiral-Scheibe.

Am Schlufs der oben erwähnten Abhandlung habe ich zu zeigen gesucht, dafs das Princip der Oscillationen auch auf andere als die Gesichts-Empfindungen, ja sogar auf moralische Empfindungen anwendbar sey; ich bin überzeugt, dafs diefs Princip einst dazu dienen wird, mehrere dunkle Punkte der Physiologie, der Medicin und Philosophie aufzuklären.

IX. *Ueber ein neues Polariskop; von Hrn. H. de Senarmont.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. XXVIII. p.* 279).

Eine kleine Zahl von Polariskopen hat die doppelte Eigenschaft, die geringsten Spuren von Polarisation aufzudecken und den Sinn derselben mit einiger Genauigkeit zu bestimmen.

Die besten Apparate dieser Art sind ohne Widerrede die doppelt drehenden Platten, welche man Hrn. Soleil verdankt; und man kann sie sogar, wie ich gezeigt habe [1]), zum Studium der Beschaffenheit eines elliptisch polarisirten Lichtbündels mit Nutzen anwenden.

Sie verlieren indefs bei dieser Anwendung einen Theil ihrer Vorzüge, weil ihre Farbe sich nach dem Ellipticitätsgrade der Polarisation verändert, vom Weifs, welches der Circularpolarisation entspricht, bis zu der merklichen Farbe, die der geradlinigen Polarisation entspricht.

Ueberdiefs versagen diese Platten ihren Dienst, sobald es sich um einfaches Licht handelt, weil die Farbenunterschiede dann zu blofsen Intensitätsunterschieden werden, deren Schätzung schwierig ist.

Ich habe ein von diesem letzteren Mangel freies Polariskop aufgesucht und glaube es durch die folgende Vorrichtung gefunden zu haben.

Aus vier gleichen Quarzprismen, deren Hypothenusen aneinander gelegt werden, setze ich eine solche parallelflächige Platte zusammen, dafs die Ein- und Austrittsflächen lothrecht auf der optischen Axe sind. Siehe Taf. II. Fig. 19.

Die beiden Prismen, welche die untere Hälfte der Platte bilden, haben ihre brechenden Kanten auf einer selben Seite liegen, aber das vordere Prisma, z. B. *G*, ist linksdrehend (*lévogyre*) und das hintere *D* rechtsdrehend (*dex-*

1) *Ann. de chim. et de phys. T. XX. p.* 397. (Ann. Ergbd. II. S. 513.)

trogyre). Die obere Hälfte der Platte ist ebenso zusammengesetzt, aber das vordere Prisma *D'* ist rechtsdrehend, und das hintere *G'* linksdrehend.

Stellt man diese Platte rechtwinklig gegen die Bahn eines parallelen und folglich im Sinne der Axe gerichteten, polarisirten Lichtbündels, so sieht man sie bedeckt mit geradlinigen Fransen, die den brechenden Kanten der Prismen parallel sind. Fällt der Hauptschnitt des Zerlegers zusammen mit der Ebene der ursprünglichen Polarisation, so entspricht die centrale schwarze Franse des aufserordentlichen Bildes der Mitte der Platte oder dem Punkt, wo die Dicke der verkehrt liegenden Prismen gleich ist. Sie ist also eine gerade Linie in beiden Hälften, der vorderen und der hinteren, der halbirten Platte.

Dreht man hierauf den Hauptschnitt des Zerlegers, so verschiebt sich die centrale Franse parallel mit sich selbst; sie entfernt sich von der brechenden Kante des Quarzprisma, dessen Drehungsvermögen gleichen Sinn hat. Da nun in der vorderen und hinteren Hälfte der Platte die Kanten dieser Prismen bei dem einen rechts, bei dem andern links liegen, so wird die Vorderhälfte der Fransen parallel mit sich selbst in dem einen Sinn vorrücken, und die Hinterhälfte in dem andern. Diese Fransen werden also an der Mittelnaht der halbirten Platte gebrochen.

Sehr genau erkennt man den Moment, wo der Hauptschnitt des Zerlegers mit der Ebene der ursprünglichen Polarisation zusammenfällt, weil man leicht zu beurtheilen vermag, wann die beiden Fransenstücke in gerader Linie liegen oder parallel verschoben sind. Es ist diefs eine einfache und empfindliche Schätzung, die, von Farbe und Licht unabhängig, sowohl für homogenes als für weifses Licht gültig ist, ja, bis auf die zunehmende Blässe der Fransen, sowohl für elliptische als geradlinige Polarisation.

Jemehr die Hypothenuse gegen die optische Axe geneigt ist, desto mehr werden die Fransen auseinander gerückt, verbreitert und verschlechtert; je weniger sie es ist, desto dichter, schmäler und schärfer werden sie. Hat man

aber den Zerleger um 90° gedreht, so werden die Fransen nur um einen halben Zwischenraum verschoben. Es ist also klar, daſs man mit einer starken Neigung der Hypothenuse eine bedeutende Verschiebung erhält, die aber schlecht begränzt ist, weil die Ränder der Fransen zu verwaschen sind; dagegen bekommt man mit einer schwachen Neigung eine zwar geringe, aber wohl begränzte Verschiebung, weil die Ränder der Fransen scharf sind.

Es scheint also hier ein Maximum von Empfindlichkeit zu geben, welches man zu erreichen suchen muſs. Ich habe Prismen versucht, deren Hypothenusen Winkel von 42, 22 und 12 Grad mit der optischen Axe machen. Die Empfindlichkeit nahm fortwährend zu, sobald man die Fransen mit einem kleinen Fernrohr vergröſserte.

Ich habe die Empfindlichkeit des neuen Polariskops mit der der doppeltdrehenden Platten verglichen, indem ich sie, statt dieser Platten, an einen Soleil'schen Saccharimeter anbrachte.

Mit dem Winkel von 12° erhielt ich eine Empfindlichkeit, die wenigstens der der Platten gleich war; beim Winkel von 22° war sie nur die Hälfte von dieser, und beim Winkel von 42° nur ein Viertel derselben.

Die eben beschriebenen zusammengesetzten Platten mit halbirten Fransen können mit Vortheil die doppeltdrehenden Platten in dem Apparat ersetzen, den ich zum Studium der Eigenschaften desjenigen Lichts angewandt habe, welches von den mit Metall-Opacität begabten Krystallen reflectirt wird [1]). Allemal, wo bei den doppeltdrehenden Platten eine Gleichförmigkeit der Farben eintritt, beobachtet man bei dem neuen Polariskop eine Einstellung der Fransen in gerade Linien. Dieses Kennzeichen macht die Erscheinungen noch hervortretender und die Messungen werden dadurch weit genauer.

1) *Ann. de chim. et de phys. T. XX, p.* 397. (Ann. Ergbd. II. S. 513).

X. *Bemerkungen über die Volume und die Dichtigkeiten flüssiger und gasiger Körper;* *von Hrn. J. A. Groshans.*

In diesen Annalen Bd. 78, S. 112 und Bd. 79, S. 290 habe ich bemerkt:

1) dafs die Dichtigkeiten der Dämpfe aller Körper bei $0^m,76$ und den Siedpunkten mit einander vergleichbar sind;

2) dafs das Verhältnifs dieser Dichtigkeiten bei allen entsprechenden Temperaturen beständig dasselbe bleibt;

3) dafs man dadurch diese Temperaturen berechnen kann;

4) dafs, wenn man ein Drittel der Dichtigkeit des Wasserdampfs bei $0^m,76$ und 100° C. zur Einheit annimmt, die Dichtigkeiten der Dämpfe aller übrigen Körper im Allgemeinen durch ganze Zahlen ausdrückbar sind;

5) dafs diese Zahlen bei einigen Körpern von der Zusammensetzung $pC+qH_1+rO$ übereinstimmen mit der Anzahl p, q, r der in denselben enthaltenen Atomen;

6) dafs im Allgemeinen eine Beziehung vorhanden ist zwischen den Zahlen, welche die Dichtigkeit ausdrücken und der Anzahl von Atomen oder Volumen, aus denen die Körper zusammengesetzt sind.

Der gegenwärtige Aufsatz enthält die Resultate der von mir gemachten Vergleiche der Dichtigkeiten der Dämpfe mit den Dichtigkeiten der sie hervorbringenden Flüssigkeiten, beide genommen bei den Siedpunkten und der Spannung von $0^m,76$.

Sind die Atomgewichte zweier Körper P und p respective A und a, die Siedpunkte derselben in Centigraden E und e, die Dichtigkeiten der Dämpfe bei $0^m,76$ und den Punkten E und e, unter Annahme der erwähnten Einheit, V und v, so hat man die Gleichung:

$$\frac{A}{a}=\frac{1+Ec}{1+ec}\times\frac{V}{v}.$$

Der Körper P wird das gröfsere Atomgewicht haben. Die Atomgewichte werden auf $H_2 = 1$ bezogen.

Wenn die Dichtigkeiten gleich sind, stehen die Atomgewichte im Verhältnifs der Volume, denn

$$\frac{A}{a} = \frac{1+Ec}{1+ec}.$$

Wenn die Siedpunkte und folglich die Volume gleich sind, verhalten sich die Atomgewichte wie die Volume; es wird seyn

$$\frac{A}{a} = \frac{V}{v} \text{ und immer ist } \frac{1+Ec}{1+ec} = \frac{A}{a} \times \frac{v}{V}.$$

Nimmt man für das Quecksilber $E = 384^\circ{,}72$ und $c = 0{,}00366$, so wird $V = 20$. Für das Wasser hat man $e = 100^\circ$ C. und $v = 3$. Für beide Körper existirt also die Relation:

$$\frac{100}{9} = \frac{100.3}{9.20} \times \frac{20}{3} \text{ oder } \frac{100}{9} = \frac{5}{3} \times \frac{20}{9}.$$

Die Volume der Dämpfe beider verhalten sich genau wie 5 : 3.

Angenommen, als flüssige Volume, für das Quecksilber 98,0 (Regnault) und für das Wasser 117,3 (Kopp) verhalten sich diese Volume zu einander wie 5 : 5,98 d. h. wie 5 : 6.

Aber $\frac{5}{3} : \frac{5}{6} = 2 : 1$. Man kann also annehmen, dafs, beim Uebergang aus dem gasigen Zustand in den flüssigen, das Quecksilber sich genau im doppelten Verhältnifs zusammenziehe wie das Wasser.

Der Genauigkeitsgrad dieser Zahlen läfst sogleich vermuthen, dafs alle übrigen Körper, oder wenigstens die meisten, dasselbe Phänomen darbieten, und dafs im Allgemen die Zusammenziehungen der Körper unter sich vergleichbar sind.

So ist es auch in der That; nur erfordert der Beweis eine Auswahl der Körper, deren Zusammenziehungen man vergleichen will. Man erreichte es nicht so leicht, wenn man die Zusammenziehungen aller Körper blofs mit der eines einzigen von ihnen, z. B. mit der des Wassers, vergleichen

wollte. Das Wasser ist vielleicht der Körper, der sich zu diesem Vergleiche am wenigstens eignet.

Ich bin dahin geführt, einige Körper, die eine Eigengenschaft in gleichem Grade darbieten, in zwei Klassen zu bringen.

1. Es giebt Körper, deren Siedpunkte gleich oder fast gleich sind. Ich nenne sie *isopeptische* Körper.

2. Es giebt Körper, die in Dampfform bei $0^m,76$ und ihren Siedpunkten gleiche Dichtigkeit haben. Ich nenne sie *isobarische* Körper.

Die isopeptischen Körper zeigen, im flüssigen Zustande, im Allgemeinen (vielleicht mit einigen Ausnahmen) folgende Erscheinungen:

1. Bei allen gleichen Temperaturen stehen die Dichtigkeiten in einem einfachen Verhältnifs: $\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ u. s. w.

2. Das Verhältnifs der Flüssigkeits-Dichten steht in einfachem Verhältnifs zum Verhältnifs der Dampfdichten.

Beispiele[1].

	E beobacht.	*E* berechn.	*V.*	Dichtigkeit bei 0° C.	Dichtigkeit bei *E.*
Brom	63° P.	58,5	30	3,1872 P.	2,9795 P.
	58 A.				
Holzgeist	66 P.				
	60 K.	58,5	6	0,8193 M.	0,7619 M.
Chlorsilicium	59 P.	58,0	48	1,5237 P.	1,394
Bromäther	40,6 P.	35,0	44	1,4733 P.	1,3970
Aether	35,5	33,65	15	0,7361 M.	0,6969 Kp.
Chlorphosphor	78,3 P.	78,2	49	1,6162 P.	1,466 P.
Alkohol	78,5			0,8123 M.	0,7393 Kp.
Brom-Aelayl	132,6 P.			2,1629[2]) P.	1,923
Chlorarsen	133,8			2,2050 P.	1,914

Hieraus folgt:

1. Dafs die Zusammenziehungen der Körper, bei ihrem Uebergange aus dem dampfförmigen Zustand in den flüssigen, im Allgemeinen ein einfaches Verhältnifs zeigen.

1) Bei den beobachteten Daten bezeichnet: P. Pierre, A. Andrews, K. Kane, Kp. Kopp und M. Mittel zwischen Pierre u. Kopp.

2) Bei 20°,8.

2. Dafs die Zusammenziehungen zweier isopeptischer Körper im flüssigen Zustand gleich sind [1]).

Bei den isopeptischen Körpern sind alle gleichen Temperaturen nothwendig entsprechende. Bei vielen, vielleicht bei den meisten, flüssigen Körpern sind die Contractionen gleich für ein gleiches Intervall zwischen E und der Temperatur, bei welcher die Spannung $(760-p)$ Millimeter ist. Diese Zusammenziehungen sind fast die doppelten von der des Wassers. Diefs erklärt das so kleine Volum dieses Körpers, unter welch einem Gesichtspunkt man es auch mit dem anderer Körper verglichen habe.

Da V im Allgemeinen eine ganze Zahl ist und kaum 30 oder 40 übersteigt, so giebt es unter der unendlichen Anzahl von Körpern nothwendig viele isobare.

Dergleichen sind z. B.

Quecksilber		deren $V=20$
Schwefeläther . .	$C_4H_{10}O_3S$	
Kohlensäure	CO^2	
Ameisens. Aethyloxyd	$O_3H_6O_2$	deren $V=14$
Essigsaur. Methyl .	$C_3H_6O_2$	
Stickstoffoxyd	NO	
Schwefelkohlenstoff . .	CS_2	deren $V=15$.
Aether	$C_4H_{10}O$	
Schweflige Säure . . .	SO_2	

Die Volume der drei letzten Körper zeigen ein sonderbares Phänomen:

Das Volum von S_2C bei 42° (E berechnet) ist (nach Pierre) . . . . $=$ 386

Das Volum von SO_2 bei $-8°$ (Pierre) . . $=$ 277

Das Volum von $C_4H_{10}O$ ist (nach Kopp) genau die Summe dieser beiden Volume . $=$ 663

Bei dem ameisensauren Aethyloxyd, $C_3H_6O_2$, wo $V=14$ und $E=55°,5$ (berechnet) ist das Volumen (nach Kopp) . . . . . . $=$ 1059

Beim Jodäther, $C_4H_{10}J$, wo $V=56$, u. das berechnete $E=73°,6$ ist das Volum (Pierre) . $=$ 1075

1) Vielleicht wäre es zweckmäfsig die beiden Arten von Zusammenziehungen durch verschiedene Worte zu unterscheiden.

Diese beiden Volume können als gleich angesehen werden. Ich kenne nicht die Dichtigkeit der Dämpfe bei $0^m,76$ und E[1]); wenn aber die beiden Körper nicht isobar sind, ist es wenigstens unmöglich, dafs $V:v$ ein einfaches Verhältnifs sey.

Angenommen für $C_4H_{10}SO_3$, $E=156$ und $V=20$, für Aether, $C_4H_{10}O$, $e=33^\circ,65$ und $v=15$, dann ist:

$$\frac{V}{v}=\frac{20}{15}=\frac{4}{3}.$$

Die Dichten der Flüssigkeiten bei E und e sind 0,9274 (Pierre) und 0,6969 (Kopp)

$$\frac{0,9274}{0,6969}=\frac{4}{3,005}=\frac{4}{3}.$$

Nehmen wir an für Jodäther ($C_4H_{10}J$) $E=73^\circ,6$ und $V=56$, sowie für Chloräther $e=13,6$ und $v=28$, so haben wir

$$\frac{V}{v}=\frac{56}{28}=2.$$

Die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten bei E und e sind, nach Pierre, 1,815 und 0,9058; aber

$$\frac{1,815}{0,9058}=2,003.$$

Angenommen für Zinnchloryd ($SnCl_2$) $E=111^\circ,9$ und $V=42$, sowie für Aether ($C_4H_{10}O$) $e=33^\circ,65$ und $v=15$, ist

$$\frac{V}{v}=\frac{42}{15}.$$

1) Ich habe nicht immer Gelegenheit gehabt, die Versuche, welche die Dichte der Dämpfe bei $0^m,76$ und 0° C. gegeben, aufzusuchen. So kann ich Körper als isobar aufgeführt haben, die es nicht sind, und andere als nicht isobar, die es wirklich sind. Meine Absicht war nur zu zeigen, dafs im Allgemeinen die Zusammenziehungen flüssiger und gasiger Körper in einfachem Verhältnifs stehen. Wenn dieser Satz festgestellt ist, wird es leicht seyn, die wahren Verhältnisse zu bestimmen. Denkt man sich die Dichtigkeiten bei 0° und E als proportional den Atomgewichten oder deren Multiplis, so bleiben die Verhältnisse immer einfach, obgleich in einigen Fällen das wahre Verhältnifs die Einheit seyn kann.

Die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten bei E und e sind 1,965 (Pierre) und 0,6969 (Kopp), aber

$$\frac{1,965}{0,6969} = \frac{42}{14,89}.$$

Es scheint demnach als sey in diesen drei Beispielen das Verhältnifs strenge der Einheit gleich.

Beim Bromholzäther, $C_2 H_6 Br$, zeigt die Rechnung, dafs $V = 38$ seyn mufs. Denn beim Brom ist $V = 30$; es wäre also $E = 37^\circ,4$. Pierre hat etwa 13° C. gefunden. Dennoch bleibt kein Zweifel, dafs 37°,4 wirklich die der Spannung $0^m,76$ entsprechende Temperatur sey.

Ferner wollen wir für das Bromsilicium annehmen $e = 153^\circ,4$ und $v = 76$. Dann haben wir

$$\frac{V}{v} = \frac{38}{76} = \frac{1}{2}.$$

Die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten bei E und e sind, nach Pierre, 1,6218 und 2,4334, aber

$$\frac{1,6218}{2,4334} = \frac{2}{3,0009}.$$

Ich schliefse hiemit diese Betrachtungen; sie scheinen mir hinlänglich, um den Satz von den Zusammenziehungen in einfachem Verhältnisse festzustellen.

Bei den obigen isopeptischen Körpern findet sich das Chlorsilicium als isopeptisch neben Brom und Holzgeist gesetzt. Es kann zweifelhaft seyn, ob dem strenge so sey, weil das Verhältnifs der Dichtigkeiten nicht so einfach ist als es seyn müfste. Es scheint nämlich, dafs bei mehren Körpern der direct beobachtete Siedpunkt nicht zusammenfalle mit der der Spannung $0^m,76$ entsprechenden Temperatur.

Der Siedpunkt des Holzgeistes z. B. scheint nach mehren Beobachtungen 66° C. zu seyn. Für $V = 6$ und $E = 58,3$ ist indefs, nach Berzelius, seine Spannung bei $14^\circ = 83$ Millimeter, und diefs entspricht der des Wassers bei 48°,8. Dadurch hat man

$$E = -273,22 + \frac{373,22 + 1,366 \times 14}{1 + 48,8 . c} = 59^\circ,6$$

während Kane gefunden $E = 60$.

Dieselbe Bemerkung läfst sich beim Schwefelkohlenstoff machen. Sein Siedpunkt scheint 46 bis 48° zu seyn, indefs giebt Mitscherlich 42°. Für $V=15$ ist $E=41{,}9$, und nach Thenard sind die Temperaturen 22°,5 für S_2C und 77°,56 für Wasser entsprechende; diefs giebt $E=41°{,}4$.

Ich weifs nicht, bis wie weit sich die Abweichungen erstrecken können; aber es steht zu glauben, dafs sie so bedeutend sind, um zuweilen die Bestimmung von V unmöglich zu machen. Es ist also in mehren Fällen schwierig zu unterscheiden, ob Körper isopept oder isobar seyen oder nicht, vor allem weil die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten bei E mit diesen Abweichungen behaftet sind.

Ich komme auf eine vorhin erwähnte Folgerung zurück. Bei mehren, aus Kohlenstoff, Wasserstroff und Sauerstoff zusammengesetzten Körpern ist V gleich der in ihnen enthaltenen Anzahl von Atomen (oder Volumen) C, H_1 und O. Ich habe deren bis jetzt 10 bis 12 aufgezählt. In vier Combinationen hat der Stickstoff das Gewicht 14. Das Brom hat für sich und in zwei Combinationen das Gewicht 30. Das Gewicht des Quecksilbers ist 20. Ohne Zweifel wäre es voreilig, aus diesen Thatsachen auf die Zusammensetzbarkeit der Elemente zu schliefsen. Indefs scheinen sie mir die durch das Dulong-Petit'sche Gesetz über die specifische Wärme erregte Idee vom Charakter der Einheit abzuändern streben.

Rotterdam, den 30. Nov. 1849.

XI. *Ueber die Extreme der Kälte, welche im Jahre 1850 auf den preufsischen Stationen beobachtet wurden; von H. W. Dove.*

(Aus d. Monatsberichten d. Akad. April 1850).

Die Witterungserscheinungen des vergangenen Winters zeigen so bedeutende Abweichungen besonders in den barometrischen Schwankungen von den mittleren Werthen, dafs eine Untersuchung, wo diese Störungen begonnen und wie sie sich fortgepflanzt haben, interessante Ergebnisse verspricht. Solche Untersuchungen können aber erst umfassend angestellt werden, wenn aus sehr verschiedenen Gegenden die Beobachtungen veröffentlicht werden. Die hier der Akademie vorgelegte Notiz bezieht sich zunächst nur auf die Extreme der Kälte, wie sie vom 20—22. Januar auf den preufsischen Beobachtungsstationen, welche unter der Leitung des statistischen Büreaus stehen, an verglichenen nach Réaumur getheilten Instrumenten erhalten wurden.

Die Kälte trat überall nach mehrere Wochen anhaltenden überwiegend östlichen Winden ein, welche anfangs mehr aus NO, später mehr aus SO wehten. In der Nacht, in welcher die höchte Kälte beobachtet wurde, 21—22, erreichte das Barometer eine ungewöhnliche Höhe. Das Maximum der Kälte fiel nach Posen; Bromberg und Posen gaben übereinstimmend eine 29 Grad übersteigende Kälte. Nach der Küste der Ostsee hin ist diese Kälte weniger intensiv, und nimmt bedeutend nach dem Rhein hin ab. An der Stelle der gröfsten Kälte häuft sich die Luft am stärksten an (in Königsberg wurde das absolute Maximum beobachtet, an den anderen Stationen zu den gewöhnlichen Stunden 6, 2, 10). Um die Vertheilung der Temperatur und des Druckes anschaulich zu machen, sind in der folgenden Tafel die numerischen Data zusammengestellt. Die erste Columne enthält die absoluten Kältegrade, an einem

Registerthermometer erhalten, wo × steht; neben dem barometrischen Maximum und dem Tage, an welchen es beobachtet ward, steht das Monatsmittel. Die letzte Columne enthält den Ueberschuſs des Maximum über dieses Mittel.

	Temperatur.			Barometer.			
	Réaum.		Januar.	Maximum.	Jan.	Monatsmittel.	Ueber demselben.
				'''		'''	'''
Tilsit	— 22,0		20	346,20	22	338,20	8,00
Memel	— 18,7		20	346,68	21	338,74	7,94
Arys	— 24,6	×	22	342,21	22	333,59	8,62
Königsberg	— 23,9	×	20	348,03	21	338,27	9,96
Conitz	— 22,2		21	340,77	22	331,52	9,25
Bromberg	— 29,3	×	22	346,30	22	336,92	9,38
Posen	— 29,2		22	345,37	22	335,50	9,87
Ratibor	— 20,7	×	22	339,04	22	330,45	8,59
Neiſse	— 27,0	×	22	337,05	22	329,92	7,13
Breslau	— 21,8	×	22	341,65	21	332,57	9,08
Görlitz	— 24,0		22	338,49	21	330,11	8,38
Frankfurt	— 20,6		22	346,21	22	337,15	9,06
Torgau	— 22,3		21	342,62	22	334,41	8,21
Cöslin	— 18,2		21	346,18	22	336,96	9,22
Stettin	— 21,6	×	22	347,80	22	338,29	9,51
Berlin	— 20,0	×	22	345,40	21	336,71	8,69
Potsdam	— 20,0	×	22	345,14	22	336,78	8,36
Hinrichshagen	— 20,1	×	22	342,01	22	334,01	8,00
Salzwedel	— 19,5	×	22	445,53	21	337,42	8,11
Mühlhausen	— 24,0		22				
Heiligenstadt	— 22,0	×	22	334,38	22	327,38	7,00
Brocken	— 10,5		21	298,23	22	292,13	6,10
Salzuflen	— 20,3		22	341,95	22	335,11	6,84
Gütersloh	— 17,1	×	21	341,84	22	335,02	6,82
Paderborn	— 15,1	×	22	339,58	21	332,79	6,79
Boppard	— 17,0		22				
Bonn	— 14,2	×	21 22				
Trier	— 16,9	×	22	340,06	22	332,61	7,45
Aachen	— 11,0	×	21 22	337,47	22	330,23	7,24
Cöln	— 14,8	×	21	342,62	22	335,81	6,81
Cleve	— 16,0	×	21	343,19	22	336,79	6,40

Die so häufig gemachte Bemerkung, daſs bei hohen Kältegraden, welche in der Ebene beobachtet werden, die Temperatur nach der Höhe zunimmt, bestätigt sich hier sehr schön durch die Brockenbeobachtungen. Am 22. war die Kälte daselbst nur — 9,0, — 10,5, am 21.; das absolute Minimum des Monats — 15,3 fällt daher auf einen ganz

ganz anderen Tag, den 27. Januar. Aehnliche Verhältnisse zeigten sich im Riesengebirge, denn in einem an den Verfasser gerichteten Briefe schreibt Graf Pilati: „In Schlegel, bei Glatz, 1181′ über dem Meere, stieg die Kälte am 22. bei Sonnenaufgang auf — 27, in Pischkewitz, nicht im hochgelegenen Schlosse, sondern in der Beamtenwohnung am Wasser, soll sie — 30 gezeigt haben. Dagegen haben Wünschelburger den bei ihnen sehr angenehmen Wintermorgen ohne besondere winterliche Vorsichtsmaſsregeln zu einer Fahrt nach Glatz benutzt und haben die Kälte in Glatz nicht begreifen können. Am 7. April fand ich in diesem Städtchen unmittelbar am Fuſs des Heuscheuer schon mehrere Blumen, während bei uns noch keine Spur davon zu sehen ist“.

XII. *Ueber die Hagelbildung; von Dr. Julius Löwe.*

Obschon die Meteorologie in neuster Zeit so groſse Schritte gethan und Manches, was uns dunkel, in ihren erweiterten Lichtkreis gezogen hat, wodurch uns das Entfernte näher gerückt ist, so müssen wir doch eingestehen, daſs die Hagelbildung immer noch etwas Räthselhaftes an sich trägt. Die Theorie von Volta, welche, fast über alle andere Ansichten herrschend, sich lange ausschlieſslich zu behaupten wuſste, sucht man jetzt in vielen wissenschaftlichen Kreisen, und wohl nicht mit Unrecht, doch nach und nach zu verlassen. Sie erklärt den Hergang dieses Phänomens, ohne durch ihre Erklärungsweise andere neue Fragen und Zweifel verschwinden zu lassen. Eine geistreiche Färbung können wir ihr deshalb sicher nicht absprechen und ihre Autorität kräftigt diese Ansicht. So groſsartige Spiele der Natur lassen sich allein aus unseren physikalischen Kabi-

neten nicht beantworten, sie verlangen eine lange Reihe sorgfältiger Beobachtungen, durch welche wir endlich auf den Weg folgerechter Schlüsse geführt werden müssen. Ich bin weit davon entfernt dieses Problem hier lösen zu wollen; meine Zeilen haben nur den Zweck, den Meteorologen eine Thatsache zu berichtigen, bei welcher ich selbst Zuschauer war und die bei Vergleichungen und Zusammenstellungen ähnlicher Art denselben kein unwillkommener Beitrag seyn möchte. Ich beschreibe daher ein Hagelwetter, wie ich es im Jahre 1845 den 2. August in Cronberg am Taunus erlebt habe und werde mir am Schlusse erlauben eine Ansicht über dessen Bildung auszusprechen, von welcher ich mich seit dem Tage des Ereignisses bis heute nicht lossagen konnte. Meine Angaben über das Wetter selbst habe ich durch die Freundlichkeit des Hrn. J. Becker, Lehrer, welcher mir die seinigen zur Verfügung stellte, vervollständigen können. Um einige örtliche Bemerkungen nicht zu übergehen, schicke ich voraus, dafs Cronberg am Fufse des Taunus liegt. In Westen von dem sogenannten 1268,10 Fufs hohen Hartberg, in Norden von dem 2468,60 Fufs hohen Altkönig eingeschlossen (Jahrbücher des Vereins für Naturkunde im Herzogth. Nassau). Seine nördliche Breite beträgt 50° 7' 48" und seine Meereshöhe etwas mehr als 700 Fufs mit einem mittleren Barometerstand von 327,28 par. L. und einem mittleren Thermometerstand von + 7,53° R.

Am Abend des 1. August fiel ein nicht unbedeutender Regen, wobei die Temperatur + 13,1° R. war. Während des Tages selbst spielte ein schwacher Wind aus WS und SSW und der Himmel blieb dabei stets bewölkt. Erst in der Nacht von dem 1. auf den 2. hörte man in der Entfernung oft ein schwaches Donnern. Gegen Morgen ertönte das Rollen desselben schon immer näher und stärker und erreichte um 5 Uhr eine solche Heftigkeit, dafs er alle Schlafenden aus den Betten trieb. Dabei schwärzte sich der westliche Horizont immer mehr und mehr und intensive Blitze erleuchteten und durchkreuzten ihn nach al-

len Richtungen. Ungefähr 20 Minuten nach 6 Uhr zeigte sich plötzlich in WSW eine weifsgraue Wolke, aus deren Mitte, nach Becker's Angaben, öfters weifsgraue, fächerförmige Strahlen schossen. Gegen 6 Uhr 30 Minuten hörte man das charakteristische, prasselnde Geräusch, welches immer den Hagelwettern vorausgeht und die ziemlich tiefgehende Wolke, von welcher dasselbe herzukommen schien, bewegte sich sichtbar schnell von WSW nach NO in directem Laufe nach Cronberg zu. Das Leuchten der Blitze, sowie das Krachen des Donners wurde dabei stets gewaltiger. In wenigen Augenblicken stürzte eine ungeheure Hagelmasse mit furchtbarer Heftigkeit unter einem hohlen *Windesheulen* in *wirbelnden* Bewegungen auf die mir gegenüberliegenden Dächer; Fensterflügel wurden ausgehoben und die Scheiben derselben fast bei allen Wohnungen zertrümmert. Die Entladungswolke war so dicht, dafs während ihres Niederfalls es ganz dunkel wurde. Nach der Aussage mehrerer Beobachter, die in der Ferne mit zusahen, soll Cronberg in diesem Moment ihren Blicken völlig entschwunden seyn. Das ganze Schauspiel dauerte etwa 5 — 7 Minuten, und doch war die in so kurzer Zeit gefallene Hagelmasse so grofs, dafs sie die Strafsen und Wege fast bis zu einem Fufs hoch überschüttete. Die einzelnen Körner zeigten eine Gröfse, etwas beträchtlicher als die einer Flintenkugel; nach Becker's Messungen erreichten viele den Durchmesser von 11 — 12‴. Ihre Gestalt war fast durchgehend die kugelförmige; doch wichen einige von dieser Regelmäfsigkeit ab und waren an den Rändern etwas eingerissen; ja, es sollen an manchen Orten sogar Eismassen von der Ausdehnung einer Mannshand herabgeschleudert worden seyn. Besonders geschah diefs in einem ungefähr $\frac{1}{4}$ Stunde von Cronberg entfernten Walde, am Hartberg, woselbst also die Entladung der Wolke mit ihrer gröfsten Intensität dürfte begonnen haben. Einige dieser Körner sollen bei ihrem Aufschlagen wie Glas zersprungen seyn und ein schweflicher Geruch nach dem Fallen der Hagelmassen sich bemerkbar gemacht haben. Etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden

westlich von Cronberg fielen zuerst vereinzelt einige Körner. Das Wetter nahm seinen Zug nach NO und entlud sich, jedoch in sehr geschwächtem Maafse, auch in den nordöstlich von Cronberg gelegenen Fluren. Der Stand des Barometers vor dem Wetter betrug 324,6‴, nach demselben 325,0‴ bei 0° R. Das Thermometer zeigte im Anfange 13,1° und gegen 7 Uhr 11,4° R. Auch hier geschah es, wie in so vielen Fällen, dafs vor dem Hagel kein Regen fiel; erst gegen das Ende stellte sich derselbe ein und ward heftiger, als das Hageln ganz aufgehört hatte. Der Regenmesser erlangte dadurch einen Stand von 66 par. L. Ich vermag es nicht zu schildern, welche entsetzliche Zerstörung ein Wetter von so kurzer Zeitdauer anrichtete. Die schönen und herrlichen Aussichten auf eine reiche Ernte waren vernichtet; wie ausgedroschen lagen die Aehren der Halmfrüchte an dem Boden, das Kraut der Knollengewächse fast gänzlich abgeschlagen; die Obstbäume der Früchte und Blätter beraubt, standen abgestreift da, wie nach einem Herbstfroste, leeres Gezweig hinaus in die feuchte Lüfte breitend. Ein dichter Nebel, welcher von den Fluren aufstieg, bildete zu diesem traurigen, herbstlichen Gemälde die Umrahmung. Eine Menge getödteter Singvögel schwammen in den mit Hagelkörnern und unreifem Obste gemischten Wasserströmen, welche von den Anhöhen herabrauschten. Ein Knabe allein sammelte solcher armen Thiere über 46, ja sogar junge Hasen waren den Schlägen dieses Wetters nicht entgangen. Die kräftigsten, dickstämmigsten Bäume waren entwurzelt und auf die *Krone gestellt*, überall erblickte man die Spuren dieser schrecklichen Verwüstung der Natur; eine sonst so milde Schafferin zeigte sich hier in der Lust unersättlicher Zerstörung.

Das ganze Auftreten dieses hier beschriebenen Naturereignisses zwang mir die Ansicht auf, dafs die Hagelbildung auf einer Mitwirkung von Wirbelwinden beruhen müsse; einmal das hohle Brausen, womit die anfängliche Entladung begleitet war; ferner die wirbelnden Bewegungen, welche ich beim Niederfallen der Hagelkörner beob-

achtete; alsdann die seltsame Stellung der entwurzelten Bäume, Alles dieses scheint sich mit dieser Meinung zu vereinigen. Sey es mir nun erlaubt ein Bild über die Entstehung solcher Wirbeln und der daraus folgenden Hagelbildung zu entwerfen. Es ist eine bekannte Thatsache, dafs die in den Aequatorialgegenden stark verdünnte, senkrecht aufsteigende Luft in einer gewissen Höhe zu beiden Seiten des Aequators nach den Polen hin abfliefst (Aequatorialstrom). Dieser Verlust wird ersetzt durch eine Strömung in entgegengesetztem Sinne, welche eine Richtung von den Polen zu dem Aequator hat (Polarstrom). Solche Windbewegungen finden auf gleiche Weise auf der nördlichen, wie südlichen Halbkugel statt; doch betrachten wir deren Lauf nur auf der nördlichen Hemisphäre. Diese beiden Passate, wie man sie auch zu bezeichnen pflegt, werden in geringen Entfernungen vom Aequator in entgegengesetzten Bewegungen horizontal über einander noch hinfliefsen. Der Polarstrom, als der kältere und schwerere, wird der untere (untere Passat), der Aequatorialstrom, als der leichtere, wird der obere Strom seyn (obere Passat). Doch diese Differenz in der Lagerung der beider Luftströmungen wird mehr und mehr schwinden müssen, je mehr der obere Passat sich abkühlt, welches geschieht, indem er über Breiten streicht, die eine geringe Temperatur besitzen, als die seinige ist. So wird nun bekanntlich bald ein Zeitpunkt kommen, wo diese beiden Ströme nicht mehr horizontal über einander abfliefsen, sondern eine kurze Weile sich neben einander herbewegen werden.

Ist dieser Augenblick erfolgt, so wird sogleich ein lebhafter Austausch an den Berührungsstellen beider Passate eintreten; Theile des Polarstroms werden hinüber zum Aequatorialstrom gerissen, da letzterer ein gröfseres Bewegungsmoment besitzt, als ersterer, indem er von Breiten kommt, denen eine gröfsere Rotationsgeschwindigkeit eigen ist. Allein diese Theilchen des unteren Passats werden dem schnellen Laufe ihrer neuen Stromrichtung nicht folgen können, ihre gröfsere Schwere wird sie daran hindern,

und somit werden sie nach einem sehr kurzen Zeitraume gezwungen zu ihrer ursprünglichen Richtung überzuspringen. Durch diesen wechselseitigen Verkehr beider Winde wird eine wirbelnde Bewegung entstehen müssen, die um so heftiger, je beträchtlicher der Bruchtheil ist, um welchen die Schnelligkeit des Aequatorialstroms die des Polarstroms übertrifft; natürlich innerhalb gewisser Gränzen. Durch eine solche andauernde Rotation an den Berührungsflächen beider Luftströmungen wird aber eine bedeutende Abkühlung hervorgerufen; die vorher in der Atmosphäre aufgelösten Wasserdämpfe müssen condensirt werden, ja, ihre Temperatur wird bei anhaltender Bewegung bis zum Gefrierpunkt herabsinken, und von diesem Augenblick an sind alle Bedingungen zur Eisbildung gegeben. Die sich immer aufs Neue niederschlagenden Dämpfe werden sich um den bereits gebildeten Krystallkern ablagern, und somit ein Wachsen desselben bedingen. Diese so zu sagen entstandene Hageltrombe wird von dem schneller eilenden Aequatorialstrom mit fortgerissen und für dieses dürfte die Beobachtung sprechen, dafs nämlich die meisten Hagelwetter ein Streifen von SW nach NO zeigen. Schon Dove nimmt bei seiner Erklärung über das Entstehen der Stürme solche Wirbel zu Hülfe, nur wird nach seiner Ansicht eine wirbelnde Bewegung aus dem Anstofse, den einer der Ströme auf den anderen ausübt, nicht recht deutlich. Auch viele Andere haben schon den Wirbeln einen grofsen Antheil bei der Hagelbildung zugestanden, nur sollen es theils nach ihren Meinungen elektrische Wirbel seyn, und ich erinnere mich sogar gelesen zu haben, dafs solche elektrische Wirbel aus dem Anstofsen gleichnamiger elektrischer Fluida hervorgerufen würden, so z. B., dafs die Erde und die Wolken beide + E. oder beide mit — E. geladen wären. Ich glaube diese Hypothese ist zu sehr auf die Unkenntnifs von der Lehre der elektrischen Vertheilung gebaut, als dafs sie in den Kreis der Wahrscheinlichkeit dürfte gezogen werden. Noch vielfältige Beobachtungen werden bestätigen, dafs die Wirkung von Wirbeln überhaupt bei

der Hagelbildung ein Factum ist, welches sich nicht weg-läugnen läfst.

Wenigstens scheint die stets sich der Kugelform so nähernde Gestalt der Hagelkörner auf eine rotirende Bewegung hinzuzeigen. Merkwürdig ist auf jeden Fall die Thatsache, dafs zwischen den Wendekreisen gar keine Hagelwetter vorkommen sollen (Humboldt's Reise III. S. 465). Ebenso auch nicht jenseits des 60° der Breite, und somit wäre ihr Erscheinen mehr auf die mittleren Breiten beschränkt, eine Annahme, welche die Erfahrung zu bekräftigen scheint. Nach der Weise, wie ich mir erlaube die Entstehung der Hagelwolken zu denken, liefse sich darüber vielleicht ein Aufschlufs ertheilen. So lange die beiden Ströme horizontal über einander abfliefsen, ist eine gegenseitige Reaction nicht denkbar, und dieses ereignet sich ja stets in unbeträchtlichen Entfernungen vom Aequator, woselbst der obere Passat von seiner anfänglichen Intensität noch wenig verloren hat; dagegen mufs er in sehr hohen Breiten schon so bedeutend abgekühlt seyn, dafs seine Wirkung auf den Polarstrom verschwindet. Sollte nun wirklich dieses ganze Phänomen nur auf einer Gegenwirkung dieser beiden Luftströmungen beruhen, so müfste man vielleicht ein Wehen des Windes nach verschiedenen Seiten bei einem Hagelwetter beobachten können, welche Wahrnehmung in der That schon soll gemacht worden seyn, besonders sehr bemerklich an dem unregelmäfsigen Zuge der Wolken. Im Kleinen kann man ein solches Spiel zweier Luftströmungen und die dadurch entstehenden Wirbeln sehen, wenn man die Fenster eines Zimmers öffnet, in welchem viel Rauch ist, und dessen Temperatur gegen die der äufseren Luft nicht um sehr viel Wärmegrade differirt.

Es bliebe nur noch die Frage zur Beantwortung übrig, welche Rolle die Elektricität bei dieser Naturerscheinung spiele und in wiefern eine Entladung der Hagelwolke veranlafst werden könne. Die neueren Beobachtungen in der Physik haben das Resultat geliefert, dafs die Elektricität meist durch den Verdampfungsprocefs der Luft zugeführt

wird, und zwar würde der Wasserdampf dabei + die Erde dabei — elektrisch. Es ist nicht wohl anzunehmen, dafs die Elektricität in der Atmosphäre blofs auf das Verkommen der + E. beschränkt sey, und in der That haben angestellte Versuche auch — E. in derselben nachgewiesen. Wie dem nun sey, immer müssen wir den Verbrennungs- und Verdampfungsprocefs als die Hauptquelle der Luftelektricität betrachten. Werden nun diese Dämpfe verdichtet, so wird sich die E., mit welcher sie geschwängert waren, auf ihrer Oberfläche abscheiden und mit ihrem Gegensatze auf der Erde oder mit dem einer ihr näherstehenden Wolke in Spannung treten. Ein Gleiches findet wohl bei Hagelwolken statt, nur mit dem Unterschiede, dafs die Hagelwolken gewöhnlich sehr tief gehen und ihre Elektricit mehr das Bestreben zeigt sich mit der E. der Erde ins Gleichgewicht zu setzen; ferner mufs in diesem Falle die Spannung um vieles beträchtlicher seyn, als dieses bei Gewitterwolken zu seyn pflegt, indem die dort verdichteten Dämpfe immer noch eine gröfsere Leitungsfähigkeit besitzen, als die hier angehäuften Eismassen. Durch diese wechselseitige Neigung der ungleichnamigen Fluida zur Neutralisation mufs endlich eine Entladung der Hagelwolke erfolgen. Nach Volta's Ansicht wäre es eine rasche Verdunstung, hervorgerufen durch die Absorption der Sonnenstrahlen, welche die Hagelbildung begünstigen. In unserem Falle waren die vorhergehenden 15 Tage fast meist regnerisch und zwar verhielt sich die Heiterkeit der Atmosphäre zu deren Bewölbung wie 1 : 2,1, unter denen sich 10 Regentage befanden.

Diese feuchte Witterung dürfte für den grofsen Reichthum von Elektricität sprechen, mit welcher die Luft an diesem Tage angefüllt war, und der am Abend des 1. August gefallene Regen mufs die unteren Luftschichten um so besser leitend gemacht haben; auch bewirkte vielleicht der stark mit Nadelholz bepflanzte Hartberg, über dem die Wolke zuerst zog, und woselbst die Entladung sicher zuerst begonnen, eine starke Vertheilung, wenigstens spricht sich

die Erfahrung für einen derartigen Einflufs von Waldungen aus.

Die unausgesetzten Forschungen der neuren Zeit werden uns auch noch hierüber aufklären, diese Naturerscheinung wird das für uns jetzt Wunderliche verlieren, wenn es uns vergönnt seyn wird, mehr auf ihren Anfang zurückzugehen, und vielleicht finden sich auch in diesem Phänomen die schönen Worte Humboldt's bestätigt: „Dafs die Meteorologie ihr Heil und ihre Wurzel in der heifsen Zone suchen müsse!"

XIII. *Ueber den Talkspath; von August Breithaupt.*

Als ich den *Talkspath* oder *Carbonites hystaticus* in meinem vollst. Handb. d. Mineralogie Bd. 2. S. 240 bestimmt hatte, vermochte ich von der chemischen Beschaffenheit nur im Allgemeinen anzugeben, dafs der Körper die reinste kohlensaure Magnesia sey, welche man von krystallisirten Mineralien habe. Man kennt ihn sehr ausgezeichnet aus Norwegen, wo er beim Hofe Lofthuus unweit Snarum in Begleitung von Serpentin, sogen. Titaneisen, Hydrotalkit und einem *Phengit-Glimmer*, in einer lagerartigen Zone im Urgneise vorkommt. Hier wird er meist von grobkörniger marmorähnlicher Beschaffenheit, seltener in gröfseren homogen krystallischen Partien angetroffen.

Diesen Talkspath habe ich in drei Spaltungsgestalten gemessen und, bei schöner Spiegelung, den stumpfen Rhomboëder-Winkel, wie früher an anderen Varietäten $= 107° 28\frac{1}{2}'$ gefunden, nämlich $107° 28'$, $107° 28\frac{1}{2}'$, $107° 29'$. Das specifische Gewicht $= 3{,}017$.

Hr. Prof. Th. Scheerer, dem ich auch die obige geognostische Notiz verdanke, fand die chemische Zusammen-

setzung im Durchschnitte von vier sehr nahe miteinander übereinstimmenden Analysen so, wie unter *a* folgt; *b* giebt die Bestandtheile nach der Formel $\dot{Mg}\ddot{C}$:

	a.	*b*.
Kohlensäure	51,447	52,768
Magnesia	47,296	47,232
Eisenoxydul	0,786	
Wasser	0,470.	

Hierbei ist das Atomgewicht der Magnesia zu 251,5 angenommen.

Von den Säuren wird auch dieser Talkspath bedeutend schwieriger angegriffen als die amorphe kohlensaure Magnesia, der Magnesit. Den Magnesit von Frankenstein in Schlesien fand der nur genannte Chemiker als eine ganz vorzüglich reine Magnesia.

XIV. *Ueber den Aigirin; von August Breithaupt.*

Unter dem Namen *Aigirin* oder *Aegyrin* hat man bisher zweierlei von Hrn. Esmark entdeckte und benannte Mineralien, einen *Pyroxen* und einen *Amphibol* begriffen. Hr. Plantamour hat von dem einen *Aigirin* folgende Mischung bekannt gemacht:

Kieselsäure	56,57
Titansäure	2,01
Thonerde	3,41
Kali	7,79
Natron	2,06
Kalkerde	5,91
Magnesia	5,87
Eisenoxydul	24,38

Der andere Aigirin soll sich hingegen chemisch wie ein Amphibol verhalten haben.

Unlängst erhielt ich nun den *ächten Aigirin* durch Hrn. A. Krantz, verwachsen mit dem jüngern *Leucophan*, welcher Begleiter für jenen bezeichnend seyn soll, und mit einem graulichweifsen frischen orthoklastischen *Felsit* mit deutlicher hemiprismatischer Spaltbarkeit und vom specifischen Gewicht 2,490 bis 2,507, den ich nicht geradezu für Pegmatolith erklären möchte. Ferner gehören zu den Begleitern diejenige Abänderung des meist dichten *Natroliths*, welche auch *Bergmannit* genannt worden und ein Phengit. Der Fundort ist die Insel *Skaadön*, die Nachbarinsel von Lamskjaer, wo den genannten Mineralien auch noch *Mosandrit*, angeblich selbst *Sodalit* beibrechen. Beide Inseln liegen im Meerbusen von Brevig in Norwegen. Die Mineralien sollen als Ausscheidungen im Zirkon-Syenit vorkommen.

Der *Aigirin* von *Skaadön* besitzt folgende Eigenschaften:

Glasglanz.

An den Kanten grün durchscheinend bis undurchsichtig.

Farbe, grünlichschwarz, schwärzlich- und in den dünnsten Krystallen bis lauchgrün. Strich, lichte grünlichgrau.

Die eingewachsenen Krystalle erscheinen zwar in schilfartigen Säulen mit starker Längenkerbung, wie man dergleichen oft an Amphibolen zu sehen gewohnt ist, allein das Mineral ist dennoch ein *Pyroxen*. Die Neigung des Prisma gegen die Brachydiagonale liefs sich befriedigend messen und dieser Winkel betrug 133° 26′, woraus man den *primär-prismatischen Winkel* $\infty P = 86^{\circ}\ 52'$ erhält, den stärkst geschobenen, der noch mit Genauigkeit an einem Pyroxen beobachtet worden. — Die Spaltbarkeit ist brachydiagonal, vollkommen; makrodiagonal deutlich; primärprismatisch nur in Spuren; somit gleichen Verhaltens wie bei einigen anderen Pyroxenen, z. B. bei Bronzit (*Pyroxenus magnesius*) und Kieselmanganspath (*Pyroxenus manganosus*). Derartiges Verhalten der Spaltbarkeit kennt man hingegen von keinem Amphibol.

Härte = 7 bis $7\frac{1}{2}$.

Specifisches Gewicht = 3,432 bis 3,504 nach drei Be-

stimmungen, der dunkel lauchgrüne war der leichteste, der schwarze der schwerste.

Hrn. Prof. Plattner bat ich um chemische Untersuchung des Minerals, wozu er die schwarze Abänderung, welche auch die von mir gemessene ist, verwendete. Ich erhielt von ihm darüber folgende Mittheilung:

„Der leicht schmelzbare *Aigirin* weicht in seiner Zusammensetzung wesentlich von derjenigen ab, welche Hr. Plantamour angegeben, und nähert sich mehr der des Arfvedsonit's. Ich habe darin folgende Bestandtheile gefunden:

Kieselsäure	52,00
Thonerde	2,20
Eisenoxydul	29,25

und Natron einen bedeutenden Gehalt, welcher wohl das meiste des am Gewicht fehlenden betragen dürfte. Dagegen habe ich weder Kali, noch Kalkerde, noch Talkerde aufgefunden.“

Von dem Arfvedsonit unterscheidet sich der Aigirin dadurch, dafs das Eisen in jenem als Oxyd, in diesem als Oxydul enthalten ist.

Aus den vorstehenden Untersuchungen geht hervor, dafs dieser *Aigirin* ein *Pyroxen* und zwar eine *eigenthümliche Specie* desselben ist, und es möge der Name *Aigirin* für dieses Mineral beibehalten werden.

Der andere Aigirin ist ein Amphibol von grünlichschwarzer Farbe, welcher einen grünlichgrauen, schon ins Grüne fallenden Strich giebt, nach dem primären Prisma schön spaltet und das specifische Gewicht 3,297 hat. Den prismatischen Winkel habe ich noch nicht gemessen.

XV. *Der Ferdinandsbrunnen zu Marienbad.*

(Aus einer 1849 zu Eger veröffentlichten Notiz).

Die Ferdinandsquelle nimmt seit dem Jahre 1820 einen ehrenvollen Platz unter den Gesundbrunnen Deutschlands ein. Prof. Steinmann hatte sie damals, kurz nach ihrer Fassung, chemisch untersucht, und in 16 Unzen Wasser 45,9650 Grane fester Bestandtheile gefunden.

Im Jahre 1825 wiederholte Berzelius diese Analyse zu Stockholm am versendeten Wasser von der Herbstfüllung 1824, und erhielt ein gleiches Resultat, nur entdeckte er darin, nebst Spuren von Jod, Fluſs- und Phosphorsäure, noch Lithion und Strontian. Darnach enthielten 16 Unzen des Wassers der Ferdinandsquelle:

Schwefelsaures Natron	22,5362	Grane
Chlornatrium	8,9963	-
Kohlensaures Natron	6,1302	-
Kohlensaures Lithion	0,0676	-
Kohlensaure Kalkerde	4,0112	-
Kohlensauren Strontian	0,0054	-
Kohlensaure Talkerde	3,0489	-
Kohlensaures Eisenoxydul	0,3993	-
Kohlensaures Manganoxydul	0,0921	-
Basisch phosphorsaure Thonerde	0,0054	-
Kieselsäure	0,6697	-
Fluſssaure und phosphorsaure Kalkerde und Jodnatrium	Spuren	
Summe der festen Bestandtheile	45,9623	Grane
Freie und an die Bicarbonate gebundene Kohlensäure	20,1580	-
Summe aller Bestandtheile	66,1203	Grane
Specifisches Gewicht	= 1,00462.	

Im nämlichen Jahre fand Struve in einer gleichen Menge Wassers einen Salzrückstand von 45,2795 Granen.

Die *groſse Uebereinstimmung* dieser zu verschiedenen Zeiten unternommenen Analysen dreier der ausgezeichnetsten Chemiker setzt es auſser Zweifel, *daſs der Ferdinandsbrunnen in den Jahren* 1820, 1824 *und* 1825 *eine übereinstimmende chemische Zusammensetzung gehabt hat, und zwar von nicht ganz* 46 *Granen feuerfester Bestandtheile in* 16 *Unzen Wassers.*

Seit einigen Jahren hat sich durch wiederholte Abdampfungsversuche im Kurorte die interessante Thatsache herausgestellt, dafs das quantitative Mischungsverhältnifs der genannten Quelle *ein ganz anderes*, und zwar *ein weit günstigeres* geworden ist. Es waren sowohl im Sommer 1843 nach einem siebenwöchentlichen Regen, als auch im Herbste desselben Jahres nach einer fast ebenso lange anhaltenden trockenen Witterung, jedesmal 12 Civilpfunde (zu 16 Unzen) Ferdinandsbrunnen abgedampft worden und hatten, im *Widerspruche mit den bisherigen Analysen*, für 1 Civilpfund (zu 16 Unzen) die höchst bedeutende Summe von 73½ Granen fester Bestandtheile gegeben.

K. M. Kersten, Professor der analytischen Chemie zu Freiberg, dadurch veranlafst, hat eine ebenso unparteiische als gründliche Analyse vorgenommen und die Richtigkeit der vorangegangenen Abdampfungen bestätigt. M. vgl. die meisterhafte Abhandlung des genannten Analytikers: „Der Kreuz- und Ferdinandsbrunnen in Marienbad, von neuem chemisch untersucht. 12. Leipzig, 1845." Dieser zufolge enthalten 16 Unzen des Wassers der Ferdinandsquelle:

Schwefelsaures Natron	38,7663	Grane
Schwefelsaures Kali	0,3256	-
Chlornatrium	15,3968	-
Kohlensaures Natron	9,8995	-
Kohlensaures Lithion	0,0691	-
Kohlensaure Kalkerde	4,1832	-
Kohlensauren Strontian	0,0061	-
Kohlensaure Talkerde	3,4944	-
Kohlensaures Eisenoxydul	0,4707	-
Kohlensaures Manganoxydul . . .	0,1205	-
Basisch phosphorsaure Thonerde . .	0,0137	-
Neutrale phosphorsaure Kalkerde . .	0,0145	-
Kieselsäure	0,7411	-
Brom-, Fluor-, Quellsäure- und Quellsatzsäureverbindungen und organische Materie	Spuren	
Summe der festen Bestandtheile	73,5015	Grane.
Freie und an die Bicarbonate gebundene Kohlensäure	22,8372	-
Summe aller Bestandtheile	96,3387	Grane.
Specifisches Gewicht . . . . . =	1,01030.	

Man kann die bis auf das Jahr 1832 verfolgte, durch Kersten's Analyse ermittelte chemische Zusammensetzung des Wassers der Ferdinandsquelle unmöglich für ein zufälliges, vorübergehendes Ereignifs halten. Wir finden vielmehr den vermehrten Salzgehalt der Quelle in der seit 1828 geänderten physikalischen Beschaffenheit der nächsten Umgebung des Brunnens *nächst-ursächlich* und *nothwendig* bedingt.

Damals war behufs der Aufführung der gegenwärtigen grofsartigen Colonnade am Ferdinandsbrunnen die Trockenlegung des versumpften Erdreichs in einer ziemlich weiten Ausbreitung nöthig geworden. Man mufste zu diesem Zwecke ringsherum ein förmliches Netz von gemauerten Abzugskanälen anlegen, die zum Theil zu 5—7 Fufs Tiefe, meist auf Rostunterlagen aufgeführt wurden und, nach dem im hiesigen Archive befindlichen Bauplane (vom genannten Jahre), auf einem Flächenraume von beiläufig 1500 □ Klaftern, zusammengenommen eine Längenausdehnung von 2016 Fufs betragen. Ueberdiefs mufste westwärts von der Quelle das Bett des vorbeifliefsenden Auschabaches weiter hinausgerückt, und östlich eine 20—25 Fufs hoch aufsteigende Berglehne ganz abgetragen werden. Bei den letztgenannten Erdabgrabungen kam man auf ein vorher ungekanntes Stollenwasser. Den Abflufs dieses Wassers leitete man in einen Hauptkanal, und liefs die übrigen Abzugskanäle und Gräben in diesen einmünden. Dafs hierbei nebst einigen schwächeren Säuerlingen eine bedeutende Menge sogenannter wilder oder *Tagewässer* abgeleitet worden war, zeigt schon der Augenschein, wornach der mit dem abfliefsenden Mineralwasser der Ferdinandsquelle vereinte Wasserstrom an seiner Einmündung in den Auschowitzer Bach wenigstens das Dreifache der zuströmenden Wassermasse der Ferdinandsquelle allein beträgt.

Es erscheint nach den hier auseinandergesetzten Verhältnissen im höchsten Grade wahrscheinlich, dafs die obige Zunahme der Ferdinandsquelle an Salzgehalt mit der gewonnenen Ableitung und Fernhaltung der sogenannten wilden (zum Theil mit mineralischen Bestandtheilen gemengten) Wässer im nothwendigen Zusammenhange steht. Um diese Behauptung zur Gewifsheit zu erheben, war eine neuerliche unmittelbare Messung der Wassermenge der Quelle an ihrer Abflufsröhre das einzige Mittel.

Prof. Steinmann hatte dieselbe im J. 1820 bei di-

recter Messung = 3471 Kubikzolle (fast 45 österr. Maafs) binnen einer Minute gefunden. Sie wurden aber nach vielen, zu jeder Jahreszeit und bei den abweichendsten Witterungsverhältnissen wiederholten, stets übereinstimmenden Versuchen, deren einer vor vielen glaubwürdigen Zeugen vorgenommen wurde, als = 1728 Kubikzolle (nicht ganz $22\frac{1}{2}$ österreich. Maafs) binnen einer Minute thatsächlich nachgewiesen. Dafs diese Verminderung der Wassermenge der Ferdinandsquelle seit dem Jahre 1828 wirklich eingetreten ist und so fort bestanden hat, dafür spricht die vom hiesigen Apotheker K. Brem sen. schon früher mitgetheilte Beobachung, dafs die Menge des abfliefsenden Wassers *seit der genannten Zeit* mindestens um ein Drittel abgenommen hat.

Der Schlufs liegt nicht fern, dafs mit der also herbeigeführten Verminderung der Wassermenge der Quelle (1828) die erst in neuester Zeit physikalisch-chemisch ermittelte und aufser allen Zweifel gesetzte Vermehrung ihres Salzgehaltes eingetreten ist, und seither mit jener gleichmäfsig fortbestanden hat. Daraus folgt, dafs die neue chemische Zusammensetzung des Wassers der Ferdinandsquelle als *eine von nun an bleibende* betrachtet und allen weiteren medicinischen Schlufsfolgerungen zu Grunde gelegt werden müsse.

Dabei wird nicht geläugnet, dafs das Wasser des Ferdinandsbrunnens dann und wann *kleinen* Schwankungen unterworfen seyn *könne*, wie sie allen Mineralquellen mehr oder weniger eigen sind; aber diese haben sich bisher in der Erfahrung, wie gesagt, nur als höchst geringfügige herausgestellt.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.



1.) 2.) Abdruck der
Wa efer. 3.) Eisiger
Ve r so bedeutend, dafs
das e am Waßereise.
Die en Vertiefungen er.
ken rfläche. Die einzel.
ner Körner bereits eine
de schilte von № 6
län Schattenseite) aber
do ngen und Vorsprün.
gen Die Begrenzungen
der rmige Schmelzen
im derung in einzel.
ne che eines sehr
bla vielen Vertiefun.
gen

türlicher Größe.

1850. ANNALEN No. 7.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXX.

I. *Ueber das Eindringen des Elektromagnetismus in weiches Eisen und über den Sättigungspunkt desselben; von Prof. Dr. v. Feilitzsch in Greifswald.*

Die umfassenden Untersuchungen der HH. Lenz und Jacobi „über die Gesetze des Elektromagnetismus“ [1]) scheinen kaum noch eine Frage in diesem Gebiete unbeantwortet zu lassen. Dennoch aber ist gerade durch jene sorgfältige Berücksichtigung aller Umstände Raum zu neuen Untersuchungen geschaffen. Bei Gelegenheit der Erörterungen über den Einflufs der Dimensionen des Eisenkernes auf den in ihm erregten Magnetismus heifst es u. a. (Ann. Bd. LXI. 262.):

„Wir können für die meisten praktischen Bedürfnisse den Satz annehmen: dafs bei massiven Eisencylindern von gleicher Länge und von mehr als $\frac{1}{8}''$ Durchmesser die durch galvanische Ströme von gleicher Stärke und durch Spiralen von einer gleichen Anzahl Windungen ertheilten Magnetismen, den Durchmessern dieser Cylinder proportional sind“.

Ferner heifst es (Ann. Bd. XLVII, 244):

„Der im weichen Eisen durch galvanische Ströme hervorgerufene Magnetismus ist diesen Strömen genau proportional“.

Vindicirten wir dem ersten Satz seine volle Gültigkeit (denn Versuche mit hohlen Eisencylindern sind nicht angestellt worden), so würde eine einfache Proportionalität zwischen den Lineardimensionen des Eisenkernes und den

1) Pogg. Ann. Bd. XLVII, 225; Bd. LXI, 254 und 448.

gewonnenen Magnetismen zu dem Schlufs berechtigen: dafs die magnetische Spannung des Eisens blofs an der Oberfläche stattfände und nicht in das Innere der Eisenmasse eindränge. Der andere Satz in allen Consequenzen verfolgt, würde das ausschliefsen, was man gemeinhin unter Sättigungspunkt versteht. Und beide Sätze würden uns lehren, dafs etwa ein cylindrisch gebogenes Eisenblech, von immer stärkeren galvanischen Strömen umflossen, in dem Maafse mehr Magnetismus liefern würde, als die Ströme sich verstärkten, oder der Umfang des cylindrischen Bleches zunähme.

Diese und ähnliche Bedenken drängten mich, die Frage zu ventiliren, ob der Magnetismus des galvanischen Stromes überhaupt in das Innere eines Kernes von weichem Eisen merklich eindringe und, wenn ein solches Eindringen vorhanden ist, nach welchen Gesetzen es geschehe. Die folgende Abhandlung mag zeigen, wie weit die aufgeworfenen Fragen beantwortet werden konnten.

Bei den Untersuchungen schlug ich folgenden Weg ein. Zuerst prüfte ich für weitere Umfänge der Stromstärke, als es von den HH. Lenz und Jacobi geschah, ob auch dann noch der Elektromagnetismus in denselben Eisenkernen proportional den Stromstärken sey; und ob er sich bei verschieden dicken aber gleich langen Eisenkernen und bei gleicher Stromstärke verhalte wie die Umfänge der Eisencylinder. Hierauf untersuchte ich, ob hohle und massive Eisencylinder von übrigens gleichen Dimensionen eine gleiche Quantität von Magnetismus bei denselben Stromstärken geben. Da ich fand, dafs letzteres für geringe Stromstärken der Fall war, dafs aber immer gröfsere Differenzen eintraten, je mehr die Stromstärke zunahm, versuchte ich, ob eine gleiche Abnahme vorhanden wäre, wenn mehre hohle Eisencylinder von gleicher Länge in einander geschachtelt wurden. Da ich nun durch dieses Verfahren wieder eine Vermehrung des Magnetismus wahrnahm, schlofs ich, dafs derselbe in Wahrheit merklich in das Innere des Eisens eindringt, und fragte endlich, welche Gesetze das Ein-

dringen des Magnetismus in das Innere des weichen Eisens befolgen möchte.

Zur Messung der Stromstärken und des Elektromagnetismus im weichen Eisen bediente ich mich einer früher beschriebenen Vorrichtung [1]). Auf der Mitte einer senkrecht auf dem magnetischen Meridian stehenden Scale befand sich eine kleine Declinationsnadel genau über dem Nullpunkt der Scale. Eine Kupferdrahtspirale von der Länge $2a$ konnte auf der einen Seite, ein nach absolutem Maafse gemessener Magnetstab von der Länge 2α auf der anderen Seite der Declinationsnadel, längs der Scale, verschoben werden. Die Verschiebung geschah so lange, bis die Declinationsnadel sich wieder genau im magnetischen Meridian befand, und dann wurden die Entfernungen r der Mitte der Spirale und ϱ der Mitte des Magnetstabes von dem Nullpunkt der Scale gemessen, und nach der unter V., in der citirten Abhandlung befindlichen Formel

$$J'\left[\frac{1}{(r-a)^2}-\frac{1}{(r+a)^2}\right]=J\left[\frac{1}{(\varrho-\alpha)^2}-\frac{1}{(\varrho+\alpha)^2}\right] \quad \text{(I.)}$$

die Quantität J' des durch die Spirale und einen etwa eingelegten Eisenkern gewonnenen Magnetismus berechnet. In der Formel ist $J = 10\,588\,000$ = der nach absolutem Maafse gemessenen Quantität des Magnetismus im Stabmagneten. Der Einfachheit wegen mag wie früher $J = 1$ gesetzt werden.

Die elektromagnetische Spirale war im Uebrigen so beschaffen, wie die früher beschriebene, nur dafs sie aus vier Abtheilungen zu je zwei Lagen ($1\frac{3}{4}$ Millimeter im Durchmesser haltenden) Kupferdrahts bestand, von denen jede Abtheilung gesondert, und alle vier zugleich zur Schliefsung der Grove'schen Kette benutzt werden konnten. Die Anzahl der Windungen dieser acht Lagen Kupferdraht betrug

$$(46+44)+(43+41)+(43+43)+(43+43)=346.$$

Der Durchmesser der Oeffnung in der Spirale betrug 40 Millimeter. Da nun die cylindrischen Eisenkerne, de-

1) Pogg. Ann. LXXVIII, 21 ff.

ren ich mich bediente, nur einen Durchmesser von 31,.... Millimeter und weniger hielten, mufste ich mich versichern, ob es nothwendig sey, die Cylinder während der Versuche in der Axe der Spirale zu halten, oder ob es genüge, sie auf die untere Fläche der hohlen Holzrolle zulegen, um welche die Spirale gewunden war. Zu dem Ende fafste ich einen möglichst dünnen Eisencylinder so in eine Papprolle, dafs er mittelst derselben genau in die Axe der Spirale zu liegen kam. Wenn alsdann der Strom in der Spirale kreiste und durch Verrückung des Stabmagneten die Declinationsnadel auf ihren Nullpunkt gebracht worden war, fand keine Bewegung derselben statt, wenn der umhüllende Pappcylinder fortgenommen, und der dünne Eisenkern dadurch in die excentrische Lage versetzt wurde. Es ist also für die angewandten Dimensionen gleichgültig, ob der in der Spirale befindliche Eisenkern in der Axe derselben liegt, oder etwas aus derselben verschoben ist.

Dafs die Weite der Windungen der Spirale ohne Einflufs auf den in einem Eisenkern zu erzeugenden Magnetismus ist, haben die HH. Lenz und Jacobi in den citirten Abhandlungen erörtert.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der Versuche zusammengestellt, welche mit massiven Eisenkernen unternommen wurden, um das Verhältnifs der Quantität des in denselben gewonnenen Magnetismus zur Stromstärke und zu den Umfängen der Eisencylinder zu ergründen. Von einer Anzahl von Eisencylindern, welche alle gleiche Länge hatten und von derselben Eisensorte angefertigt waren, wählte ich, um die Versuche nicht zu sehr zu vervielfältigen, diejenigen heraus, welche mit den in der ersten Columne verzeichneten Nummern versehen waren. Die Umfänge wurden an drei Stellen durch directe Messung bestimmt und das Mittel aus den Messungen genommen. Die verschiedenen Messungen differirten jedoch nur um Zehntel von Millimetern. Die Umfänge sind in der zweiten Columne verzeichnet. Die Länge aller Eisenkerne betrug 110 Millimeter. Die Beobachtungen selbst wurden

so angestellt, dafs ich zuerst die Stromstärke nach dem früher angegebenen und oben citirten Verfahren ermittelte. Hierauf schob ich die Eisenkerne in die Spirale, näherte den Stabmagneten der Declinationsnadel so lange, bis dieselbe wieder im magnetischen Meridian einspielte und notirte seine Entfernung ϱ vom Nullpunkte der Scale. Alsdann wurde dasselbe Verfahren für die umgekehrte Lage des Eisenkernes in der Spirale wiederholt, um etwa vorhandenen festen Magnetismus auf diese Weise möglichst zu eliminiren. Um eine Aenderung dieses festen Magnetismus möglichst zu vermeiden, wurde bei einer jeden Verschiebung der Eisenkerne in der Spirale der Strom unterbrochen. Am Ende jeder Versuchsreihe wurde die Stromstärke abermals bestimmt und hierauf die Versuchsreihe für alle Eisenkerne wiederholt. So erhielt ich drei Beobachtungen für die Stromstärke und vier Beobachtungen für jeden Eisenkern, aus welchen das arithmetische Mittel zur Berechnung genommen wurde. Dieses Mittel wurde $=\varrho$ gesetzt. Die Gröfse r ist die Entfernung der Mitte der Spirale von dem Nullpunkt der Scale. Die Gröfsen a und α in der Formel sind resp. $=51^{mm}$ und $=45{,}5^{mm}$. Die dritte Abtheilung der Tabelle enthält die Gröfsen r und ϱ, die daraus gefundenen Maafse J' für den elektrischen Strom und darunter die diesen Stromstärken zugehörigen Quantitäten des im weichen Eisen entwickelten Magnetismus. Noch verdient bemerkt zu werden, dafs bei der Berechnung sich die Summe der Magnetismen ergiebt, welche in Folge des Stromes in der Spirale allein, und welche in Folge des eingelegten Eisenkernes auf die Declinationsnadel wirkten. In der Tabelle ist die durch die Spirale allein erhaltene Zahl von der durch Spirale und eingelegten Eisenkern erhaltenen abgezogen.

No. des Kernes.	Umfang in Millimetern.	Quantität des in den Eisenkernen entwickelten Magnetismus durch die Stromstärke.					
		$[r=300, \rho=589,07]$ 0,110	$[r=400, \rho=588,20]$ 0,269	$[r=500, \rho=466,20]$ 1,070	$[r=700, \rho=475,67]$ 2,811	$[r=850, \rho=477,67]$ 4,956	$[r=1000, \rho=469,82]$ 8,499
II^a.	94,9	$[\rho=385,30]$ 0,285	$[\rho=383,25]$ 0,717	$[\rho=305,42]$ 2,792	$[\rho=309,22]$ 7,471	$[\rho=309,87]$ 13,399	$[\rho=308,17]$ 21,956
III.	90,7	$[\rho=388,27]$ 0,276	$[\rho=385,82]$ 0,690	$[\rho=307,72]$ 2,693	$[\rho=311,55]$ 7,239	$[\rho=312,10]$ 13,003	$[\rho=310,52]$ 21,259
V.	79,2	$[\rho=398,42]$ 0,247	$[\rho=395,82]$ 0,618	$[\rho=316,12]$ 2,397	$[\rho=320,32]$ 6,424	$[\rho=320,65]$ 11,585	$[\rho=319,25]$ 18,850
VII.	67,6	$[\rho=411,22]$ 0,216	$[\rho=408,12]$ 0,540	$[\rho=324,60]$ 2,129	$[\rho=329,60]$ 5,656	$[\rho=329,82]$ 10,226	$[\rho=327,05]$ 16,891
IX.	54,9	$[\rho=421,00]$ 0,182	$[\rho=423,30]$ 0,465	$[\rho=336,15]$ 1,806	$[\rho=340,67]$ 4,848	$[\rho=341,15]$ 8,715	$[\rho=338,12]$ 14,470
XI.	42,9	$[\rho=442,70]$ 0,150	$[\rho=438,32]$ 0,383	$[\rho=346,45]$ 1,555	$[\rho=351,77]$ 4,188	$[\rho=352,70]$ 7,429	$[\rho=349,95]$ 12,194

Die in jeder Horizontalreihe der dritten Columne stehenden Zahlen zeigen,

dafs für die angewandten galvanischen Ströme die Magnetismen in den weichen Eisenkernen den Stromstärken proportional sind.

Kleine regellose Differenzen von dem ausgesprochenen Gesetz finden namentlich für geringe Stromstärken statt. Es zeigen aber die gröfseren Stromstärken stets eine Neigung zum Sättigungspunkt, also einen für die Proportionalität zur Stromstärke etwas zu geringen Magnetismus, welcher Unterschied um so mehr hervortritt, je dünner die Eisencylinder sind. Um allen Ballast zu vermeiden habe ich, statt weitläufige Rechnungen hier aufzuführen, (in der Figurentafel V.) die für jede Horizontalreihe sich ergebenden Curven aufgezeichnet, und zwar ist die Curve O II[a] für den zum Eisenkern II[a] gehörige Horizontalreihe gültig, und die Curven O_1 III..... O_1 XI. entsprechen den übrigen Eisenkernen. O und O_1 sind die respectiven Coordinaten-Anfangspunkte, die Abscissen sind den Stromstärken und die Ordinaten den im Eisen freiwerdenden Magnetismen proportional aufgezeichnet.

Vergleicht man die Zahlen der Tabelle, welche in jeder Horizontalreihe der dritten Columne unter einander stehen, mit den Zahlen der zweiten Columne, so ergiebt sich,

dafs für die angewandten galvanischen Ströme die Magnetismen den Umfängen der cylindrischen Eisenkerne proportional sind.

Die Werthe dieser Zahlen sind (in der Figurentafel V.) für den Coordinaten-Anfangspunkt O_2 graphisch dargestellt. Die Abscissen sind den Umfängen, der Cylinder, die Ordinaten den gewonnenen Magnetismen proportional aufgezeichnet, so dafs *aa*, *bb* .... *ff* die Curven für sechs verschiedene Stromstärken darstellen. Da diese Curven der geraden Linie sehr nahe kommen, so rechtfertigen sie das ausgesprochene Gesetz. Dafür, dafs die gemessenen Magnetismen für den Eisenkern No. II[a] sich augenscheinlich

nicht dem Gesetze dieser Proportionalität fügen wollen, weifs ich keinen Grund anzugeben.

Die Wiederholung dieses Theiles der Untersuchungen der HH. Jacobi und Lenz auf einem gänzlich verschiedenen Wege dürfte für den Umfang der Beobachtungen zur Genüge die Richtigkeit der ausgesprochenen Gesetze darthun, noch dazu, wenn wir für gröfsere Stromstärken eine Neigung zur magnetischen Sättigung statuiren wollen, die immer mehr hervortritt, je dünner die angewandten Eisenkerne sind.

Der weitere Verlauf meiner Untersuchungen erhebt jedoch diese Annäherung zum Sättigungspunkt zur Gewifsheit.

Bei der Prüfung der Magnetismen, welche hohle und massive Eisenkerne von übrigens gleichen Dimensionen geben, suchte ich zuerst zu beantworten, ob eine gewisse Form der Polflächen von Einflufs sey. Ich liefs zu dem Ende drei eiserne Cylinder von gleichen Dimensionen anfertigen, von denen der eine massiv und die andern hohl waren. Von den letzteren war jedoch der eine mit eisernen Deckplatten versehen, während der andere blofs aus einem cylindrisch zusammengebogenen und verlötheten Blech bestand. Diese drei Cylinder legte ich nach einander in die elektrische Spirale, welche stets von demselben, aber schwachen Strome umflossen war. Eine Prüfung der in den Cylindern freigewordenen Magnetismen ergab zwar einen Unterschied derselben, doch waren die Unterschiede so gering, dafs sie nicht auf den bedeutenden Unterschied in der Masse oder auf eine Verschiedenheit in der Gröfse der Polflächen geschoben werden konnten; vielmehr mufsten sie aus der Verschiedenheit der Eisensorten, der Art der Löthung, der gröfseren oder geringeren Quantität des stabilen und unregelmäfsig vertheilten Magnetismus, namentlich in den hohlen Kernen, erklärt werden.

Genug, ich glaubte mich durch diesen Vorversuch berechtigt, hohle Eisencylinder mit Deckplatten, und solche ohne Deckplatten, für gleichwerthig erachten zu dürfen und

enutzte daher zu den folgenden Versuchen nur die ein-
acheren Cylinder der letzten Art. Ich liefs nun eine An-
zahl solcher Cylinder von 110 Millimeter Länge aus Eisen-
blech anfertigen. Sie waren mit Messing an den Längsfugen
zusammengelöthet und pafsten mit geringen Zwischenräumen
in einander. In der nächstfolgenden Tabelle enthält die
erste Verticalreihe die Nummer dieser Cylinder, die zweite
die gemessenen Umfänge und die dritte die Blechdicke,
welche letztere aus den Dimensionen, dem absoluten und
dem specifischen Gewichte berechnet wurde.

No.	Umfang in Millimetern.	Blechdicke in Millimetern.
2	97,0	0,52
3.	91,4	0,53
4.	85,9	0,54
5.	79,5	0,54
6.	73,9	0,52
7.	67,8	0,53
8.	61,2	0,53

Diese Cylinder benutzte ich folgendermafsen. Zuerst
bestimmte ich für eine, in der nächsten Tabelle angegebene
Entfernung r der Mitte der Spirale von dem Nullpunkte
der Scale, die ebenfalls daselbst in der zweiten Columne
verzeichnete Stromstärke, indem ich die gleichfalls in der
ersten Columne verzeichnete Entfernung ϱ der Mitte des
compensirenden Stabmagneten in die Formel I. einsetzte.
Hierauf legte ich den hohlen Eisencylinder No. 2 in die
Spirale und maafs die in der vierten Columne verzeichne-
ten Gröfsen ϱ. Da in allen diesen Eisencylindern eine grofse
Quantität von stabilem Magnetismus zurückblieb, konnte ich
denselben nicht besser aus den Beobachtungen eliminiren, als
dadurch, dafs ich nach jeder Beobachtung den Eisencylin-
der in der Spirale umdrehte und abermals den Werth von
ϱ maafs. War der Unterschied von ϱ in der ersten und
der zweiten Lage des Eisencylinders in der Spirale sehr
bedeutend, so berechnete ich für beide Messungen den
Magnetismus besonders und nahm aus diesen Rechnungen

das Mittel, wie es in der fünften Columne verzeichnet ist. War aber der Unterschied dieses so gemessenen ϱ nur gering, so berechnete ich den Magnetismus nur aus dem Mittel dieser beiden ϱ. Aus diesem Grunde ist namentlich bei geringeren Stromstärken ein doppelter Werth von ϱ in der vierten Columne angegeben. Nach Messung der Werthe von ϱ für den Cylinder No. 2 schob ich in denselben den Cylinder No. 3 und bestimmte von neuem ϱ; ebenso verfuhr ich mit dem Cylinder No. 4 u. s. w., so lange als noch eine Zunahme an Magnetismus bei gleicher Stromstärke sich bemerklich machte. Die in der fünften Columne verzeichneten Werthe sind die Werthe für die Magnetismen der Eisenkerne allein, nach Abzug des Werthes für die magnetische Wirkung der Spirale. Dadurch, dafs man den Werth des Magnetismus für den zweiten Eisenkern von dem für den zweiten und dritten, und diesen letzteren von dem für den zweiten, dritten und vierten u. s. f. abzieht, erhält man die in der siebenten Columne verzeichneten Werthe der Magnetismen, welche gleichzeitig in den einzelnen Eisenhüllen allein frei werden. In der sechsten Columne sind die Nummern dieser Eisenhüllen einzeln verzeichnet. Jede Versuchsreihe wurde für dieselbe Stromstärke drei Mal wiederholt, so dafs ϱ für die Stromstärke das Mittel aus vier Messungen (zu Anfang und zu Ende jeder Wiederholung) und ϱ für die Magnetismen der Eisenkerne das Mittel aus 3 oder 6 Messungen ist.

1. r und ϱ in Millimetern.	2. Stromstärke.	3. Nummern d. gleichzeitig gebrauchten Eisencylinder.	4. ϱ in Millimetern.	5. Gesammtmagnetismus der Cylinder.	6. Nummer der einzelnen Cylinder.	7. Magnetismus in denselben.
$r=300$ $\varrho=571,67$	0,121	2.	381,63 / 446,73	0,110		
		2. 3.	404,90 / 415,33	0.233		
		2. 3. 4.	402,30 / 387,70	0,246		

1. r und ϱ in Millimetern.	2. Stromstärke.	3. Nummern d. gleichzeitig gebrauchten Eisencylinder.	4. ϱ in Millimetern.	5. Gesammtmagnetismus der Cylinder.	6. Nummer der einzelnen Cylinder.	7. Magnetismus in denselben.
$r=300$ $\varrho=502,62$	0,187	2.	{344,23 370,37}	0,313		
		2. 3.	348,77	0,348		
		2. 3. 4.	345,26	0,365		
$r=400$ $\varrho=587,25$	0,270	2.	{404,13 419,47}	0,518		
		2. 3.	404,42	0,563		
		2. 3. 4.	401,86	0,577		
$r=400$ $\varrho=496,12$	0,449	2.	339,16	0,968		
		2. 3.	335,40	1,016		
		2. 3. 4.	331,31	1,044		
$r=500$ $\varrho=515,65$	0,790	2.	350,31	1,748		
		2. 3.	344,75	1,874		
		2. 3. 4.	343,13	1,913		
$r=500$ $\varrho=447,35$	1,212	2.	305,42	2,639	2.	2,639
		2. 3.	298,67	2,911	3.	0,272
		2. 3. 4.	297,26	2,971	4.	0,060
$r=650$ $\varrho=508,52$	1,826	2.	354,65	3,592	2.	3,592
		2. 3.	342,48	4,198	3.	0,605
		2. 3. 4.	340,05	4,329	4.	0,132
		2. 3. 4. 5.	339,53	4,358	5.	0,029
$r=650$ $\varrho=432,47$	2,975	2.	315,68	4,742	2.	4,742
		2. 3.	294,08	6,604	3.	1,961
		2. 3. 4.	289,98	7,024	4.	0,420
		2. 3. 4. 5.	288,33	7,199	5.	0,175
$r=800$ $\varrho=443,83$	5,150	2.	347,25	5,690	2.	5,690
		2. 3.	313,45	9,613	3.	3,923
		2. 3. 4.	299,70	11,823	4.	2,210
		2. 3. 4. 5.	295,99	12,432	5.	0,609
		2. 3. 4. 5. 6.	294,79	12,751	6.	0,319
$r=900$ $\varrho=455,72$	6,783	2.	368,90	6,059	2.	6,059
		2. 3.	333,15	10,710	3.	4,651
		2. 3. 4.	314,16	14,129	4.	3,419
		2. 3. 4. 5.	305,70	15,942	5.	1,813
		2. 3. 4. 5. 6.	302,95	16,577	6.	0,635
		2 . . . . . . 7.	301,58	16,860	7.	0,283
		2 . . . . . . 8.	300,90	17,011	8.	0,151

1. r und ϱ in Millimetern.	2. Stromstärke.	3. Nummern d. gleichzeitig gebrauchten Eisencylinder.	4. ϱ in Millimetern.	5. Gesammtmagnetismus der Cylinder.	6. Nummer der einzelnen Cylinder.	7. Magnetismus in denselben.
$r=1000$	8,510	2.	390,42	6,347	2.	6,347
$\varrho=469{,}63$		2. 3.	354,35	11,413	3.	5,066
		2. 3 4.	333,22	15,500	4.	4,087
		2. 3. 4. 5.	320,75	18,453	5.	2,935
		2. 3. 4. 5. 6.	314,85	20,019	6.	1,566
		2 . . . . . 7.	312,07	20,800	7.	0,781
		2 . . . . . 8.	310,92	21,135	8.	0,335

Eine andere Versuchsreihe, ganz in ähnlicher Weise wie die der vorigen Tabelle, jedoch nur mit vier Lagen Kupferdraht auf der magnetisirenden Spirale, angestellt, unterdrücke ich. Sie führte, freilich in unvollkommener Weise, zu denselben Resultaten als die vorige.

Die Resultate der vorigen Tabelle habe ich nun ebenfalls graphisch (auf der Figurentafel V.) dargestellt, und zwar sind die in Columne 2 und 5 verzeichneten Zahlen für den Coordinaten-Anfangspunkt O projicirt. Die Abscissen entsprechen den Zahlen der Columne 2, also den Stromstärken, und die Ordinaten den Zahlen der Columne 5, d. h. den in den respectiven Eisencylindern erzeugten Magnetismen. Die Curve Om bewegt sich wie der mit der Stromstärke zunehmende Magnetismus in dem äufsersten Eisencylinder No. 2, die Curve On wie der in den beiden in einandergeschobenen Cylindern No. 2 und 3 u. s. f., so dafs endlich die Curve Os für die Gesammtheit der Cylinder No. 2 bis 8 gelten würde.

Wir erkennen sogleich, dafs der Magnetismus in dem äufsersten Cylinder sehr bald einem Sättigungspunkte zueilt, indem die Curve Om sich asymptotisch einer Horizontalen annähert, deren ungefähre Lage unschwer zu errathen ist.

Ferner sehen wir, dafs, je mehr Eisencylinder in einander liegen, desto weniger eine Neigung des Magnetismus vorhanden ist, sich dem Sättigungspunkt anzunähern, denn

die Curven *On, Oo ... Os* nähern sich mehr und mehr einer Graden *O*II[a]. Der geneigte Leser wird sich aber erinnern, dafs diese Grade *O*II[a] der Zunahme des Magnetismus in dem oben beschriebenen massiven Eisencylinders II[a] entsprach. Dieser massive Cylinder II[a] hatte einen Umfang von 94^{mm},9; unser hohler Eisencylinder No. 2 hat aber einen Umfang von 97^{mm},0, also nahezu denselben, wie jener. Sehen wir von diesem kleinen Unterschiede ab, bedenken wir ferner, dafs bekanntlich verschiedene Eisensorten eine verschiedene Fähigkeit haben, Magnetismus aufzunehmen, und dafs wir hier Cylinder von Stabeisen und gewalztem und zusammengelöthetem Eisenblech vorliegen haben; bedenken wir endlich, dafs diese letzteren Cylinder nur mit Zwischenräumen in einander liegen: so berechtigt eine Anschauung der verzeichneten Linien unzweifelhaft zu den Schlüssen:

1) *Der Elektromagnetismus dringt in das Innere des weichen Eisens ein.*
2) *Derselbe dringt um so mehr ein, je stärker der inducirende galvanische Strom ist.*
3) *Eine jede Schicht des weichen Eisens hat einen Sättigungspunkt.*
4) *Der Magnetismus in hohlen und massiven Cylindern von gleicher Eisensorte ist bei gleicher Stromstärke gleich stark, wenn überhaupt genug Eisenmasse zur Entwickelung desselben vorhanden ist.*

Es entstehen aber die weiteren Fragen: wie verhält sich der Magnetismus zur Dicke derjenigen Eisenschicht, bis zu welcher er eindringt? und welche ist die Dichtigkeit des Magnetismus an der Oberfläche des Eisenkernes? Auch diese Fragen lassen sich durch die gefundenen Zahlen beantworten.

Ziehen wir nämlich die in der fünften Columne der letzten Tabelle verzeichneten, zu dem Eisencylinder No. 2 gehörigen Zahlen von denen ab, die zu den Cylindern No. 2 und 3 gehören, verfahren ebenso mit den letzteren Zahlen indem wir sie von den zu No. 2, 3 und 4 gehörigen ab-

ziehen, so erhalten wir die Quantitäten von Magnetismus, welche gleichzeitig in den einzelnen Cylindern frei werden. Dieselben sind in der siebenten und die zugehörigen Cylinder in der sechsten Columne verzeichnet. Um zu beantworten, wie sich der Magnetismus bei gleicher Stromstärke in den verschiedenen Schichten des Eisens verhält, brauchen wir nur die Zahlen der siebenten Columne in der letzten Tabelle mit den Zahlen der dritten Columne in der vorletzten Tabelle zu vergleichen. Eine graphische Darstellung befindet sich auf der Figurentafel V. Von dem Coordinaten-Anfangspunkte O_3 aus gerechnet, sind die Abscissen den Blechdicken der angewandten Cylinder proportional, so dafs jeder Theilstrich für 0,1 Millimeter genommen worden ist. Die Ordinaten entsprechen den Zahlen der siebenten Columne und zwar gehören die Curven

gg	zur Stromstärke	8,510
hh	- -	6,783
ii	- -	5,150
kk	- -	2,975.

Mit Vernachlässigung derjenigen Punkte, welche einem Magnetismus geringer als 0,4 zugehören, liegen die verzeichneten Punkte so merklich in geraden Linien, dafs wir uns nicht entschlagen können, die Curven als gerade Linien zu betrachten. In Wahrheit dürfen wir aber diese geringen Magnetismen aufser Acht lassen, da sie die Anziehung, welche das weiche Eisen auf die Magnetnadel ausübt, ferner den unregelmäfsig im Eisen vertheilten stabilen Magnetismus nicht verdecken, und da bei so geringen Gröfsen Beobachtungsfehler am leichtesten hervortreten. Allerdings verschaffen sie den Curven das Ansehen, als würden sie sich asymptotisch der Abscissenaxe zu bewegen; doch müfsten wohl alsdann die Curven schon früher eine dieser Bewegung bezügliche Gestalt angenommen haben. Aus diesen Gründen scheue ich mich nicht, die hier verzeichneten Curven für gerade Linien zu erklären und sonach auszusprechen:

Der Elektromagnetismus dringt in das weiche Eisen bis zu einer näher zu erörternden, von der Stromstärke abhängigen Tiefe ein, wo er $=0$ ist. Proportional dem Abstande von der in dieser Tiefe liegenden Schicht nach aufsen wird er in jeder Schicht intensiver und erlangt an der Oberfläche des Eisens das Maximum der Intensität.

Betrachten wir nun diese Curven mit Ausnahme der genannten verdächtigen Punkte als gerade Linien, so können wir ihre wahrscheinlichste Lage nach der Formel $y=\beta-\alpha x$ berechnen, wo β und α Constante, x die Abscissen und y die Ordinaten bedeuten. Nach dieser Berechnung würden sich die wahrscheinlichsten Lagen dieser vier Linien folgendermafsen ergeben:

$$[gg]\quad y=7{,}272-2{,}055x\left\{\begin{array}{l} x=0;\ y=7{,}272 \\ y=0;\ x=3{,}541 \end{array}\right.$$

$$[hh]\quad y=7{,}355-2{,}544x\left\{\begin{array}{l} x=0;\ y=7{,}355 \\ y=0;\ x=2{,}895 \end{array}\right.$$

$$[ii]\quad y=7{,}322-3{,}157x\left\{\begin{array}{l} x=0;\ y=7{,}322 \\ y=0;\ x=2{,}319 \end{array}\right.$$

$$[kk]\quad y=6{,}640-4{,}050x\left\{\begin{array}{l} x=0;\ y=6{,}640 \\ y=0;\ x=1{,}640 \end{array}\right.$$

Setzen wir in diesen Formeln $x=0$, so erhalten wir die Werthe, welche y (d. i. die Dichtigkeit des Magnetismus), an der äufsern Oberfläche des Eisens erlangt hat. Diese Werthe für y sind für die hier angewandten vier Stromstärken so merkwürdig nahe dieselben, dafs ich nicht umhin kann auszusprechen:

Die Dichtigkeit des Elektromagnetismus an der Oberfläche des weichen Eisens ist für alle Stromstärken dieselbe Gröfse.

Die Gröfse von y variirt zwischen Zahlen 7,272; 7,355; 7,322 und 6,640. Der wahrscheinlichste Mittelwerth aus diesen vier Gröfsen ist 7,200, so dafs wir obige Behauptung dahin erweitern können:

die Dichtigkeit des Elektromagnetismus an der Oberfläche des weichen Eisens ist für alle Stromstärken dieselbe und läfst sich durch die Gröfse 7,200 ausdrücken.

Diese Gröfse 7,200 wäre nun auch der Sättigungspunkt, bis zu welchem eine mefsbar dicke Schicht eines Eisencylinders gedeihen könnte. Einer Abscisse 7,200 entspräche sonach die horizontale Asymptote, gegen welche die Curve *Om* sich nähert.

Setzen wir in den zuletzt aufgeführten Gleichungen $y=0$, so erhalten wir die Werthe von x, bis zu welchen der Magnetismus überhaupt unter die Oberfläche des weichen Eisens bei einer gewissen Stromstärke eindringt. Die Linien gelten für die Stromstärke

8,510; 6,783; 5,150; 2,957,

die so gefundenen Tiefen, bis zu welchen die magnetischen Spannungen in das Eisen eindringen, sind:

3,541; 2,895; 2,319; 1,640.

Die letzteren Gröfsen sind den ersteren so proportional, dafs, wenn wir die ersteren als Abscissen, die letzteren als Ordinaten zum Coordinatenanfangspunkt O_1 verzeichnen, die entstehende Linie *zz* merklich genug als Gerade gelten kann. (Figurentafel V.) Es ginge hieraus hervor:

dafs die Tiefe, bis zu welcher der Elektromagnetismus in das weiche Eisen eindringt, der Stromstärke proportional ist.

Da wir, wie gezeigt wurde, die ganze Quantität des Magnetismus im massiven Eisenkern II[a] in den hohlen Eisenkernen wiederfinden, nur mit dem Unterschiede, dafs wir ihn im letzten Falle in seine Factoren zerlegen können, so habe ich keinen Anstand genommen, die Vertheilung desselben im massiven Eisen mir ebenso zu denken wie in den hohlen Cylindern, und deshalb habe ich mich in den allgemeinen Sätzen einer Zweideutigkeit bedient, welche sowohl für massive als für zerlegbare Cylinder ihre Gültigkeit hat.

Eine Wiederhohlung und Erweiterung dieser Versuche dürfte erspriefslich seyn. Genauere Messungen, namentlich an gebohrten, nicht gelötheten, hohlen Eisencylindern, würden genauere Resultate herbeiführen, als die mit unvollkommenen Apparaten hier vorgelegten. Eine Untersuchung der verschiedenen Eisensorten in Bezug auf die im Voran-

ge-

gehenden erörterten Fragen möchte vielleicht zu neuen Aufschlüssen über dieses geheimnifsvolle Metall führen. Es wäre wohl möglich, ähnliche Betrachtungen auch auf den stabilen Magnetismus des Stahles in geeigneter Weise zu übertragen. Doch schliefse ich diese Untersuchungen einstweilen ab, da zu denjenigen Zwecken, zu denen sie angestellt wurden, die gewonnenen Resultate mir für jetzt genügen.

Zusatz.

Um die mit der hier angewandten elektrischen Spirale gewonnenen Stromstärken mit Stromstärken vergleichen zu können, die mit anderen Spiralen gemessen werden, erlaube ich mir noch zusätzlich zu bemerken, dafs die Halbmesser der auf derselben befindlichen acht Lagen von Windungen, bis zur Mitte des Kupferdrahtes in jeder dieser Lagen gemessen,

22; 24,7; 27,4; 30,1; 32,8; 35,5; 38,2; 40,9 Millimeter betrugen. Bezeichnet man diese acht Halbmesser mit h_1, h_2, ...h_8 und eine der oben in Zahlen angegebenen Stromstärken mit J', so würde eine andere Spirale (von gleicher Länge) deren Windungen die Werthe k_1, k_2...k_n zu Halbmessern hätten, von einem gleichen Strome durchflossen seyn, wenn

$$\frac{J'}{h_1^2+h_2^2+\ldots+h_8^2}=\frac{J''}{k_1^2+k_2^2+\ldots+k_n^2}$$

wäre, in welcher Formel J'' den durch die zweite Spirale gemessenen Werth der Stromstärke bedeutet. Diese Formel ergiebt sich aus den Betrachtungen, welche zu der Formel III meiner Abhandlung „Ueber den Magnetismus elektrischer Spiralen von verschiedenem Durchmesser“ führten.

Greifswald, den 4. April 1850.

II. *Ueber Stibaethyl, ein neues antimonhaltiges organisches Radical;*
von C. Löwig und E. Schweizer.

(Uebersandt von dem HH. Verf. aus den Mittheilungen No. 45 der Zürch. Naturf. Gesellschaft).

Die vortrefflichen Untersuchungen Bunsen's über das Kakodyl machten es im hohen Grade wahrscheinlich, dafs sich Antimon mit Kohlen- und Wasserstoff zu einem organischen Radicale vereinigen könne. Von dieser Idee ausgehend, versuchte der eine von uns schon vor mehreren Jahren eine Verbindung dieser Art durch Einwirkung von Chlor- oder Bromäthyl auf Antimonkalium darzustellen [1]). Es wurde in der That auf diese Weise, besonders bei Anwendung von Bromäthyl, eine farblose Flüssigkeit erhalten, welche schwerer war als Wasser, an der Luft einen starken weifsen Rauch entwickelte, sich leicht in Weingeist und Aether löste, und durch Sauerstoffabsorption in einen weifsen in Wasser löslichen Körper überging, welcher deutlich sauer reagirte. In der wäfsrigen Lösung bewirkte Schwefelwasserstoff einen hellgelben Niederschlag, welcher einen starken, mercaptanähnlichen Geruch besafs und im getrockneten Zustande von rauchender Salpetersäure unter Feuererscheinung zersetzt wurde. Eine Analyse des im luftleeren Raume über Schwefelsäure getrockneten Präcipitats lieferte Kohlen- und Wasserstoff wie im Aethyl, weshalb sich vermuthen liefs, dafs die ursprüngliche flüssige Verbindung selbst eine Verbindung von Aethyl mit Antimon seyn könne. Obgleich es schon längst unsere Absicht war, diesen Gegenstand weiter zu verfolgen, so würden wir doch jetzt die folgende Untersuchung nicht vorgenommen haben, wenn uns nicht die wichtige Arbeit Frankland's [2]) über die Isolirung des Aethyls von Neuem dazu veranlafst hätte.

1) Chemie der organischen Verbindungen, Bd. 2, S. 433.

2) Annalen der Pharmacie, Bd. 72, S. 171—216.

Wir bitten jedoch das Folgende nur als eine vorläufige Notiz zu betrachten, und wir werden im Verhältnifs als die mit manchen Schwierigkeiten verbundene Untersuchung vorschreitet, die Resultate bekannt machen. Das Wichtigste, zu welchem wir bis jetzt gelangt, ist: dafs auf die angegebene Weise in der That ein organisches Radical gebildet wird, welches Kohlen- und Wasserstoff im Verhältnifs wie im Aethyl, verbunden mit Antimon, enthält, und welchem wir vorläufig den Namen *Stibäthyl* gegeben haben.

Das Antimonkalium, welches wir zur Darstellung des Stibäthyls benutzen, erhalten wir durch Glühen eines innigen Gemenges von 5 Theilen rohen Weinsteines mit 4 Theilen Antimon. Das Gemenge wird in einem bedeckten Tiegel erst langsam bis zur Verkohlung des Weingeistes erhitzt, dann eine Stunde lang einer Weifsglühhitze ausgesetzt, hierauf wird der Ofen luftdicht verschlossen und der Tiegel langsam erkalten gelassen, wozu wenigstens 24 Stunden erforderlich sind. Man erhält auf diese Weise einen vollkommen krystallisirten Regulus, von ausgezeichnetem Metallglanz, welcher das Wasser unter heftiger Entwicklung von Wasserstoffgas zersetzt, sich wegen seiner Dichtigkeit an der Luft nur langsam oxydirt und in einer trockenen Reibschale schnell zu einem feinen Pulver zerrieben werden kann, sich dabei aber erwärmt und an der Luft sich sehr bald entzündet. Diese Entzündung kann jedoch verhindert werden, wenn man sogleich beim Reiben 2—3 Theile feinen Quarzsand hinzufügt. Nach einer Analyse von Hrn. Hilgard aus Illinoïs, welcher uns bei unserer Untersuchung thätig unterstützte, enthält die Legirung 12 Proc. Kalium.

Um das Stibäthyl zu erhalten, kann man sowohl Chlor- als Brom- und Jodäthyl anwenden; das letztere eignet sich jedoch am besten dazu, weil es noch leichter als Bromäthyl zersetzt wird. So wird salpetersaures Silberoxyd durch eine weingeistige Lösung von Jodäthyl sogleich gefällt, während Bromäthyl erst nach einiger Zeit auf das-

selbe einwirkt. Das Jodäthyl erhalten wir nach der gewöhnlichen Methode durch gemeinschaftliche Einwirkung von Jod und Phosphor auf Weingeist. Es ist jedoch nöthig, dasselbe, um es vollkommen phosphor-wasserfrei zu erhalten, mehrmals mit Jod und Chlorcalcium zu behandeln.

Bringt man fein geriebenes Antimonkalium mit Jodäthyl zusammen, so beginnt nach einigen Minuten eine äufserst heftige Einwirkung, welche, wenn die Quantität der reagirenden Stoffe grofs ist, bis zur Entzündung gehen kann. Mit grofsen Massen zu operiren, ist unmöglich, auch ist es nothwendig, um die Heftigkeit der Einwirkung zu mäfsigen, das Antimonkalium mit 2 — 3 Theilen feinem Quarzsand zu zerreiben. Das Antimonkalium mufs im Verhältnifs zum Jodäthyl in grofsem Ueberschufs angewandt werden, weil, wie sich aus den Analysen ergeben wird, 3 At. Jod gegen 1 At. Antimon austauschen, und die Legirung nur 12 Proc. Kalium enthält. Wir bringen nicht mehr Jodäthyl auf das Antimonkalium, als nöthig ist dasselbe schwach damit zu befeuchten.

Wir finden es am vortheilhaftesten, zur Darstellung des Stibäthyls kleine Kolben mit kurzem Halse von 3 bis 4 Unzen Inhalt anzuwenden. Diese werden zu zwei Dritteln mit der frich geriebenen Mischung von Antimonkalium und Sand gefüllt und sogleich Jodäthyl im genannten Verhältnifs zugesetzt. Der Kolben wird mit einer gewöhnlichen gläsernen Destillationsröhre, welche in eine kleine Vorlage mündet, verschlossen. Nach einigen Minuten tritt die Reaction ein; durch die stattfindende Wärmeentwicklung wird das im Ueberschufs zugesetzte Jodäthyl verflüchtigt und der Kolben selbst mit Jodäthylgas angefüllt. Sobald kein Jodäthyl mehr übergeht, wird die Destillationsröhre entfernt und der Kolben, noch warm, so schnell als möglich mit dem eigentlichen Apparat in Verbindung gesetzt. Derselbe besitzt folgende Einrichtung: Ein hohes weites Cylinderglas ist mit einem Kork, welcher dreimal durchbohrt ist, verschlossen; durch die eine Oeffnung geht eine bis auf

den Boden reichende Glasröhre, welche, aufserhalb in einem rechten Winkel gebogen, mit einem Apparate in Verbindung steht, in welchem während der Operation fortwährend Kohlensäure entwickelt und durch eine lange Chorcalciumröhre geleitet wird. Durch die zweite Oeffnung wird eine gleich unterhalb des Korkes mündende, weite, 1—2 Fufs lange Glasröhre gebracht, aus welcher die Kohlensäure entweicht. Durch die dritte sehr enge Oeffnung endlich geht die eigentliche Destillationsröhre fast bis auf den Boden des Gefäfses, in welches schon vorher ein mit Antimonkalium zum Theil gefüllter kleiner Kolben gebracht wird, der zur Auffangung des Products, und später wieder als Destillationsgefäfs dient. Durch den Apparat läfst man, bevor die Operation beginnt, wenigstens ½ Stunde lang einen raschen Strom von Kohlensäure gehen, damit sich zuvor alle Theile mit Kohlensäure anfüllen. Der Kolben wird nun auf der Spirituslampe im Anfang schwach und nach und nach stärker so lange erhitzt, bis keine Tropfen mehr übergehen. Der Kolben wird alsdann entfernt, die Destillationsröhre, ohne sie aus dem Apparate herauszunehmen, mit Wachs verschlossen, und die Operation, die höchstens 20 Minuten dauert, mit einem zweiten Kolben u. s. w., vorgenommen. Arbeiten sich zwei in die Hände, und hat man 20—24 Kolben in Bereitschaft, so kann man sich leicht in einem Tage 4—5 Unzen rohes Product verschaffen. Der Kolben in welchem das Destillat aufgefangen wurde, wird nun in der Atmosphäre von Kohlensäure verschlossen und nach einigen Stunden die Rectification im gleichen Apparate vorgenommen. Um zu entscheiden, ob bei der Einwirkung des Jodäthyls auf Antimonkalium verschiedene Producte gebildet werden, brachten wir in den Apparat mehrere kleine Fläschchen und fingen das Uebergehende in 4 Portionen auf, was leicht und ohne Verlust durch Drehen des Cylindergefäfses geschehen kann. Obgleich das Stibäthyl keinen angenehmen Geruch besitzt, so ist derselbe doch so wenig belästigend, dafs man selbst in einem Zimmer die Operation vornehmen kann.

Wir theilen nun die Resultate der Analysen der verschiedenen bei der Rectification erhaltenen Portionen mit. Zum Abwägen der Substanz bedienen wir uns kleiner, enger Cylinderröhren, welche zu einer langen Spitze ausgezogen sind. Dieselben sind an der Stelle, an welcher die Haarröhre beginnt, zu einem spitzen Winkel gebogen; die Capillarröhre ist so lang, dafs sie fast auf den Boden des oben angegebenen, mit Kohlensäure gefüllten Cylinderglases reicht, in welche sie durch die enge Oeffnung gebracht wird, durch welche bei der Destillation die Destillationsröhre geht; die Cylinderröhrchen selbst befinden sich aufserhalb des Apparates. Dieselben werden nun mit der Spirituslampe so stark erhitzt, als das Glas ohne weich zu werden, ertragen kann. Nach dem Erkalten erhitzt man sie abermals und nach 9 — 10 maliger Wiederholung sind dieselben vollständig mit Kohlensäure angefüllt. Man taucht nun die Spitze in die Substanz, die natürlich sich schon vorher im Apparate befinden mufs, und füllt sie so weit an, dafs ungefähr der sechste Theil leer bleibt und sich in der Haarröhre keine Flüssigkeit mehr befindet. Ehe man die Spitze aus dem Apparate herausnimmt, läfst man sie noch so lange in der Atmosphäre mit Kohlensäure, bis die kleine Menge Substanz, welche an derselben haftet, abgedunstet ist; die Spitze wird dann zugeschmolzen. Um nun die Cylinder in die Verbrennungsröhre zu bringen, macht man an die Biegung einen Feilstrich und bricht die Spitze im Momente, in dem man den Cylinder in die Verbrennungsröhre bringt, ab; dabei findet, weil sich Kohlensäure im Cylinder befindet, kein Rauchen statt. Die Haarröhre wird hierauf 2 — 3 Mal zerbrochen und ebenfalls in die Verbrennungsröhre gebracht.

Die Verbrennung geht mit Kupferoxyd ohne Schwierigkeiten von statten, aber die Oxydation ist unvollständig. Wir erhielten von derselben Substanz 25, 28, 30 bis 33 Proc. Kohlenstoff. Die Ursache liegt in der Zersetzbarkeit der Verbindung durch die Wärme; es scheidet sich nämlich ein inniges Gemenge, vielleicht eine Verbindung

von Antimon und Kohle, aus, auf welche das Kupferoxyd nicht mehr einzuwirken vermag. Dagegen gelingt die Verbrennung vollständig, wenn man dem Kupferoxyd 4—5 Proc. chlorsaures Kali zusetzt. Das chlorsaure Kali wird geschmolzen, dann zerrieben, mit dem noch warmen Kupferoxyd gemengt und das Gemenge einige Tage unter der Glocke über Schwefelsäure stehen gelassen. Ein solches Gemenge entwickelt ganz gleichförmig Sauerstoffgas, und man hat die Regulirung der Operation ganz in der Hand. In die Verbrennungsröhre wird zuerst etwas reines Kupferoxyd, dann eine Schicht des Gemenges, hierauf die Substanz, dann bis zur Hälfte der Röhre von der Mischung und zuletzt wieder reines Kupferoxyd gebracht.

Weder Salpetersäure noch Königswasser bewirken eine vollständige Oxydation des Antimons. Wir versuchten dasselbe zu bestimmen, indem wir in die Verbrennungsröhre Zinkoxyd brachten, dem etwas chlorsaures Kali zugesetzt wurde; wir erhielten jedoch Differenzen von 5 Proc., je nach der Hitze, welche bei der Verbrennung einwirkte. In sehr hoher Temperatur scheint sich eine Verbindung von Antimonoxyd mit Zinkoxyd zu bilden, welche weder von Salzsäure noch Königswasser angegriffen wird. Bessere und übereinstimmendere Resultate erhält man, wenn dem Zinkoxyd kein chlorsaues Kali zugesetzt wird. Das Antimon scheidet sich dann metallisch aus, und ist leicht durch Königswasser zu lösen. Die besten Resultate erhielten wir jedoch, indem wir die Verbindung durch glühenden Quarzsand leiteten. Wir wenden eine lange Verbrennungsröhre an, bringen in den unteren Theil etwas Sand, auf denselben die Substanz, füllen den übrigen Theil zu $\frac{3}{4}$ mit Quarzsand an und lassen den leeren Theil der Röhre aus dem Verbrennungsofen herausreichen, damit er kalt bleibe und sich in demselben das Antimon, welches sich möglicherweise verflüchtigen könnte, condensiren könne. Der Quarzsand wird nun, wie bei organischen Elementaranalysen, nach und nach bis zum Glühen erhitzt, und dann über denselben der Dampf der Verbindung geleitet. So-

wie derselbe mit dem glühenden Sand in Berührung kommt, scheidet sich Antimon krystallinisch aus, und man findet dasselbe gewöhnlich in einem sehr kleinen Raume beisammen. Nach dem Erkalten wird der Inhalt der Röhre in ein Becherglas gebracht, die Röhre mit Königswasser ausgewaschen und der Sand mehrere Stunden lang mit rauchendem Königswasser digerirt. Man verdünnt nun mit einer Lösung von Weinsäure, fällt das Antimon durch Schwefelwasserstoff und findet die Menge des Antimons durch Bestimmung des Schwefelgehaltes des erhaltenen vollständig getrockneten Schwefelantimons.

In der ersten Portion bildeten sich nach einiger Zeit farblose, spiefsige Krystalle, welche Jod enthielten; schon beim Uebergiefsen derselben mit verdünnter Salpetersäure wird Jod frei, was bei dem Jodäthyl nicht der Fall ist. Wir haben aber bisjetzt diese Krystalle nur in so geringer Menge erhalten, dafs es uns nicht möglich war, eine nähere Untersuchung derselben vorzunehmen. Auch der flüssige Theil enthält noch Jod, welches sogleich ausgeschieden wird, wenn man denselben mit concentrirter Salpetersäure zusammenbringt. Bei der Analyse des flüssigen Theiles mit Kupferoxyd und chlorsaurem Kali setzte sich zuletzt in der Röhre des Chlorcalciumapparates plötzlich Jod ab. Ohne Zweifel bildete sich zuerst Jodkupfer, welches zuletzt, nachdem Alles oxydirt war, durch den noch freigewordenen Sauerstoff in Jod und Kupferoxyd zerlegt wurde. Die zweiten, dritten und vierten Portionen waren jedoch ganz frei von Jod.

Es folgen nun die Resultate einiger Analysen der zweiten, dritten und vierten Portion des Destillates.

1. 0,393 Substanz der zweiten Portion gaben:
   0,472 Kohlensäure = 32,74 Proc. Kohlenstoff,
   0,266 Wasser = 7,18 Proc. Wasserstoff.
2. 0,468 Substanz der zweiten Portion gaben:
   0,280 Antimon = 59,82 Proc. Antimon.
3. 0,513 Substanz der zweiten Portion gaben:

0,619 Kohlensäure = 32,88 Proc. Kohlenstoff,
0,323 Wasser = 6,99 Proc. Wasserstoff.

4. 0,396 Substanz der zweiten Portion gaben:
0,235 Antimon = 59,42 Proc. Antimon.

5. 0,496 Substanz der zweiten Portion ohne chlorsaures Kali verbrannt gaben:
0,560 Kohlensäure = 30,78 Proc. Kohlenstoff,
0,322 Wasser = 7,24 Proc. Wasserstoff.

6. 0,421 Substanz der dritten Portion gaben:
0,529 Kohlensäure = 34,27 Proc. Kohlenstoff.

7. 0,388 Substanz der dritten Portion gaben bei der Verbrennung ohne chlorsaures Kali:
0,254 Wasser = 7,26 Proc. Wasserstoff.

8. 0,528 Substanz der dritten Portion gaben:
0,318 Antimon = 60,22 Proc. Antimon.

9. 0,446 Substanz der vierten Portion ohne chlorsaures Kali gaben:
0,548 Kohlensäure = 33,52 Proc. Kohlenstoff,
0,291 Wasser = 7,24 Proc. Wasserstoff.

10. 0, 413 Substanz der vierten Portion gaben:
0,522 Kohlensäure = 34,47 Proc. Kohlenstoff,
0,275 Wasser = 7,28 Proc. Wasserstoff.

11. 0,399 Substanz gaben:
0,234 Antimon = 58,70 Proc. Antimon.

Aus diesen Analysen ergiebt sich, dafs die dritte und vierte Portion nicht ganz 1 Proc. Kohlenstoff mehr als die zweite enthalten. Wenn man jedoch bedenkt, dafs die Verbindung in hoher Temperatur Antimon verliert, so läfst sich begreifen, dafs die letzten Quantitäten, welche übergehen, etwas mehr Kohlenstoff geben als die zweite Portion, welche jedenfalls als das reinste Product zu betrachten ist. Alle sonstige Verhältnisse sind aber so übereinstimmend, dafs aufser den obengenannten jodhaltigen Krystallen, bei der Einwirkung des Jodäthyls auf Antimonkalium die Bildung *eines* gleichartigen Productes ohne Anstand angenommen werden kann.

Die erhaltenen Resultate stimmen am besten mit der Formel $C_{12}H_{15}St$ überein.

			2. Port.		3. Port.	4. Port.		
C_{12} =	72,0	33,32	32,74	32,88	34,27	33,52	34,47	
H_{15} =	15,0	6,94	7,18	6,99	7,26	7,24	7,28	7,19
St =	129,25	9,74	59,82	59,42	60,22	58,79		
	216,2	100,00.						

Es kommen demnach auf 3 At. Aethyl 1 Antimon = Ae_3St. Das Stibäthyl ist also in sofern mit dem Antimonwasserstoff aequivalent, als in dem erstern 3 At. Wasserstoff durch 3 At. Aethyl vertreten sind; die Zusammensetzung bietet demnach nichts Ueberraschendes dar.

Das Stibäthyl erscheint als ein wasserklares, äufserst dünnflüssiges, das Licht ziemlich stark brechendes Liquidum von unangenehmem, zwiebelartigem Geruch, welcher jedoch bald wieder verschwindet; bei — 29° geht es noch nicht in den festen Zustand über. Bringt man an einem Stäbchen einen Tropfen an die Luft, so entsteht ein dicker, weifser Rauch, nach einigen Augenblicken entzündet sich derselbe und verbrennt mit blendendweifser, stark leuchtender Flamme. Es ist schwerer als Wasser, in demselben unlöslich, löst sich aber leicht in Weingeist und Aether. In unserer nächsten Abhandlung werden wir über die specifischen Gewichte des flüssigen und gasförmigen Stibäthyls, sowie über dessen Siedpunkt nähere Mittheilungen machen. Läfst man das Stibäthyl durch eine feine Spitze in reines Sauerstoffgas treten, so verbrennt es mit der glänzendsten Lichtentwicklung. Rauchende Salpetersäure bewirkt ebenfalls eine prachtvolle Verbrennung. Mit Brom vereinigt es sich unter Verpuffung. Läfst man das Stibäthyl mit der Vorsicht in einen Ballon treten, dafs keine Entzündung eintritt, so bildet sich ein weifser Rauch, welcher sich pulverförmig an die Wandungen des Gefäfses anlegt; gleichzeitig entsteht jedoch, und besonders wenn man eine gröfsere Menge auf die genannte Weise oxydiren läfst, eine zähe, farblose, durchsichtige Masse, welche in Aether lös-

lich ist, während der pulverförmige Körper sich nicht in demselben löst; Aether kann daher sehr gut zur Trennung beider Stoffe angewendet werden. Läfst man eine weingeistige Lösung des Stibäthyls in einem lose bedeckten Gefäfse langsam verdunsten, so bleibt eine zähe Masse zurück, welche durch Aether leicht in die genannten zwei Körper zerlegt werden kann. Der in Aether lösliche Theil bleibt nach dem Verdunsten in Gestalt eines zähen, farblosen Syrups zurück, der auf dem Wasserbade nach und nach zu einer durchsichtigen Masse eintrocknet. Die pulverförmige, in Aether unlösliche Substanz löst sich leicht in Wasser und Weingeist. Die Lösungen reagiren deutlich sauer und scheiden die Kohlensäure aus ihren Verbindungen. Dieser Körper besitzt einen stark bittern Geschmack, sehr ähnlich dem des schwefelsauren Chinins. Sowohl die wäfsrige als weingeistige Lösung, welche beide leicht filtrirbar und dünnflüssig sind, besitzen die merkwürdige Eigenschaft, beim Erwärmen dick, wie Stärkekleister zu werden, und zuletzt zu einer porcellanartigen, leicht zerreiblichen Masse einzutrocknen. Der trockne Rückstand ist in kaltem Wasser und Weingeist wieder leicht löslich und die Lösungen zeigen beim Erwärmen die gleiche Erscheinung. Die wäfsrige Lösung dieser Substanz, welche wir vorläufig Stibäthylsäure nennen wollen, giebt mit Schwefelwasserstoff vermischt, einen hellgelben Niederschlag, welcher einen höchst unangenehmen, mercaptanähnlichen, lange anhaftenden Geruch besitzt und sich sehr leicht sowohl in Kali als Schwefelkalium löst. Sättigt man die wäfsrige Lösung der Stibäthylsäure genau mit Kali und dann mit Schwefelwasserstoff, so erhält man ein äufserst leicht lösliches Sulfosalz, welches eine grofse Neigung zu krystallisiren besitzt. Wird der Schwefelniederschlag unter der Glocke über Schwefelsäure getrocknet, so erscheint er als ein sehr schönes, hellgelbes Pulver; im Wasserbade verändert er seine Farbe und wird braun wie Kermes. Rauchende Salpetersäure zersetzt die Substanz unter Feuererscheinung; beim Erhitzen derselben über der Spirituslampe erhält man

ein flüssiges Destillationsproduct, welches alle Eigenschaften des Schwefeläthyls besitzt, und als Rückstand bleibt Schwefelantimon.

Vermischt man die wäfsrige Lösung der Stibäthylsäure mit concentrirter Salzsäure, so scheidet sich augenblicklich eine gelbliche, ölige, schwere Flüssigkeit aus. Dieselbe ist in reinem Wasser löslich; setzt man aber zu der Lösung wieder concentrirte Salzsäure, so erhält man sogleich wieder die ölige Substanz.

Die syrupartige Masse, welche nach dem Verdunsten der ätherischen Lösung zurückbleibt, und welche gleichzeitig mit der Stibäthylsäure bei der freiwilligen Oxydation gebildet wird, ist im Wasser kaum löslich; sie löst sich aber, wie schon angegeben, leicht in Aether und ebenso auch in Weingeist, auch wird sie von einer wäfsrigen Kalilösung leicht aufgenommen. Wird die alkalische Lösung einige Zeit digerirt und hierauf mit verdünnter Schwefelsäure schwach übersättigt, so entsteht ein weifser Niederschlag, welcher mit concentrirter Salzsäure sogleich eine flüssige, in Wasser untersinkende Chlorverbindung bildet.

Kalte, verdünnte Salpetersäure zeigt auf das Stibäthyl keine Wirkung. Beim Erwärmen aber erfolgt unter schwacher Entwicklung von salpetriger Säure vollständige Lösung. Wird dieselbe gelinde verdunstet, so erhält man sehr schöne, farblose, durchsichtige Krystalle, welche in salpetersäurehaltigem Wasser schwer löslich sind, sich aber sehr leicht in reinem Wasser lösen. Aus der wäfsrigen Lösung krystallisirt die Verbindung in ausgezeichnet schönen, grofsen, rhomboïdalen Krystallen; dieselben besitzen einen bittern Geschmack, reagiren schwach sauer auf Lackmus und schmelzen schon bei 40—50° zu einer schweren, farblosen Flüssigkeit, welche beim Erkalten zu einer durchsichtigen, krystallinischen Masse erstarrt. Wird dieselbe mit wenig Wasser übergossen, so wird sie weifs und nach einiger Zeit erhält man wieder die ursprünglichen Krystalle. Diese Verbindung ist ein salpetersaures Salz; Schwefelsäure scheidet aus derselben Salpetersäure aus, und setzt man

zu einem Krystall etwas grünen Vitriol, dann Wasser und Schwefelsäure, so erhält man die bekannte Reaction auf Salpetersäure.

Wir übergehen weitere Reactionsversuche, deren wir noch mehrere mittheilen könnten. Das Gesagte mag vor der Hand genügen zum Beweise, dafs das Stibäthyl alle Eigenschaften eines selbstständigen Radicales, gleich dem Kakodyl, besitzt, und wir hoffen bald nähere Mittheilungen über die verschiedenen Verbindungen machen zu können. Es unterliegt keinem Zweifel, dafs auch Methyl und Amyl auf gleiche Weise mit dem Antimon verbunden werden können; auch lassen sich wahrscheinlich andere Metalle nach derselben Methode in organische Verbindungen überführen.

III. *Ueber die Entladung der Franklin'schen Batterie; von P. Riefs.*

Die nach Franklin's Vorschlag aufgestellte elektrische Batterie besteht aus einzelnen isolirten leydener Flaschen (oder Batterien), die in eine Reihe gestellt und so mit einander verbunden sind, dafs der Knopf der ersten Flasche mit dem Conductor der Elektrisirmaschine, der Knopf jeder folgenden Flasche mit der äufsern Belegung der ihr in der Reihe vorangehenden, die äufsere Belegung der letzten Flasche mit der Erde in leitender Verbindung steht. Wird von dem Conductor positive Elektricität dem Inneren der ersten Flasche zugeführt, so geht von ihrer äufseren Belegung positive Elektricität fort und häuft sich im Inneren der zweiten Fasche an, von deren äufseren Belegung positive Elektricität in die dritte Flasche geht und so fort. Nachdem in dieser Weise alle Flaschen geladen wurden, kann man die Verbindungen derselben aufheben und, wie in der gewöhnlichen Batterie, alle innere Bele-

gungen der Flaschen mit einander, und ebenso alle äufsere Belegungen verbinden, um sie sodann gemeinschaftlich zu entladen. Diese Batterie, auch Cascadenbatterie und Flaschensäule genannt, hat nicht den practischen Werth, den man ihr beigelegt hat. Obgleich nur die erste Flasche direct vom Conductor geladen wird, so erfordert diefs, wenn es auf stärkere Ladungen ankommt, mehr Zeit und eine viel gröfsere Wirksamkeit der Elektrisirmaschine, als wenn alle Flaschen direct zu demselben Grade geladen würden.

Franklin, dem nicht leicht Etwas entging, das im Kreise seiner Beobachtungen lag, hatte diefs wohl bemerkt und seine Batterie verworfen, weil die Flaschen einiges Widerstreben (*some reluctance*) äufserten, sich laden zu lassen [1]). Diefs ist von den Physikern nicht beachtet worden, die sich nach ihm mit der Batterie beschäftigt haben. Neuerdings hat die Batterie ein theoretisches Interesse erhalten, indem Dove ihre Entladung versuchte bei derselben Anordnung, die zu ihrer Ladung dient, und in Bezug auf Schlagweite und Erwärmung sehr einfache Gesetze aufstellte [2]). Ich habe, in Folge dieser Angaben, Versuche angestellt, die ich ausführlich mittheilen will, ehe ich die Gründe angebe, die mich abhielten, aus ihnen ein Gesetz abzuleiten [3]).

1) *Experim. and observat.* 5*th* *ed. p.* 25. 29.

2) Poggend. Annalen 72. 406.

3) Hr. Knochenhauer hat vor Kurzem eine Menge hiehergehöriger Beobachtungen mitgetheilt und durch complicirte Formeln darzustellen versucht. (Annalen 79. 354). Ich mufs diese Abhandlung auf sich beruhen lassen, wie ich es bereits mit der grofsen Zahl vorhergehender Arbeiten desselben Verfassers zu thun für nöthig fand. Diese Abhandlungen enthalten nämlich sehr verwickelte Versuche, die auf die willkürlichste Weise, häufig unter Vernachlässigung bekannter und bewährter Sätze der Elektricitätslehre, zu Angriffen auf neuerdings gewonnene Erfahrungen benutzt werden. Als Vertheidiger dieser Sätze und Erfahrungen aufzutreten, würde ich nur dann für gerechtfertigt halten, wenn mir die Angriffe an sich gefährlich erschienen, oder wenn sie irgendwo Anklang fänden. Dafs Letzteres bisher nicht der Fall gewesen, ist aus den Repertorien der Physik, am klarsten aus Müller's Bericht über die neusten Fortschritte der Physik (Braunschweig 1849) zu ersehen, in

Versuche im Schliefsungsbogen.

Vier leydener Flaschen, jede von $1\frac{1}{2}$ □ Fufs Belegung, wurden auf $4\frac{1}{12}$ Zoll breite, auf Glasfüfsen isolirte, Metallteller gestellt und durch drei Kupferdrähte (von 21 Zoll Länge $\frac{7}{12}$ Lin. Dicke) zu einer Franklin'schen Batterie verbunden wie Fig. 5, Taf. IV. zeigt. Mit dem Knopfe i_1 war der Conductor der Maschine während der Ladung in Verbindung gesetzt, von der äufseren Belegung a_4 ging ein Draht zur Maafsflasche, deren Kugeln $\frac{1}{2}$ Linie von einander standen. Es wurden Ladungen der Batterie angewandt, die 1 bis 3 Entladungen der Maafsflasche verursachten. Bei Versuchen, die mit einander verglichen wurden, blieb die Ladung constant. Nach der Ladung wurde der Schliefsungsbogen angelegt, der, wo es nicht anders gesagt ist, vollkommen zur Erde abgeleitet war. Das eine Ende des Bogens wurde durch den Entladungsapparat mit dem Knopfe i_1 der ersten Flasche verbunden, nachdem das andere Ende an die äufsere Belegung des ersten, zweiten u. s. f. Flasche angelegt worden war, was durch die Angabe bezeichnet wird, dafs eine, zwei u. s. f. Flaschen benutzt werden. Vor der Entladung der benutzten Flaschen wurden die übrigen von ihnen getrennt, oder, was merklich denselben Erfolg hatte, ohne Lösung der Verbindung entladen.

Erwärmung. Versuch I. Ein empfindliches elektrisches Thermometer wurde in den Schliefsungsbogen eingeschaltet. Die Batterie wurde geladen bis zwei Funken an der Maafsflasche übergegangen waren.

Benutzte Flaschen.	Erwärmung im Schliefsungsbogen.			Verhältnifs d. Mittel.
1	7,5	7,4	7,7	1
2	12,8	11,9	12,8	1,7
3	15,4	15,3	15,8	2,0
4	21,6	22,3	21,4	2,9

welchem letztern Werke auch der Werth der, einem flüchtigen Leser vielleicht auffallenden, Uebereinstimmung von Knochenhauer's Formeln mit seinen Beobachtungen in das rechte Licht gestellt worden ist.

Während also 1 bis 4 Flaschen benutzt wurden, nahm die Erwärmung von 1 bis nahe 3 zu.

Versuch II. Die absolute Gröſse der Erwärmung hängt von der Beschaffenheit des Schlieſsungsbogens ab. Als der Bogen durch einen Platindraht von 116 Lin. Länge, 0,0185 Halbmesser verlängert war, wurden bei derselben Ladung, wie früher, die folgenden geringeren Erwärmungen betrachtet.

Benutzte Flaschen.	Erwärmung im Schlieſsungsbogen.			Verhältniſs d. Mittel.
1	4,6	5,0	5,0	1
2	8,2	8,0	8,0	1,7
3	11,8	11,4	11,2	2,3
4	14,6	15,3	15,1	3,0

Versuch III. Ebenso hängt aber die Erwärmung im Schlieſsungsbogen von der Beschaffenheit der Zwischendrähte ab, welche die einzelnen Flaschen mit einander verbinden. Der Platindraht wurde aus dem Schlieſsungsbogen entfernt und zum ersten Zwischendrahte ($a_1 i_2$ der Figur 5 hinzugesetzt.

Benutzte Flaschen.	Erwärmung im Schlieſsungsbogen.			Verhältniſs d. Mittel.
1	7,5	7,3	7,5	—
2	7,8	7,3	7,9	1,7
3	11,0	11,0	11,0	2,4
4	13,2	14,0	13,6	3,0

Die erste Horizontalreihe gehört begreiflich nicht hierher, da bei Benutzung Einer Flasche kein Zwischendraht vorhanden ist.

Versuch IV. Es wurden drei Batterien, von denen jede nahe 3 □ Fuſs innerer Belegung enthielt, einzeln isolirt und zu einer Franklin'schen Batterie mit einander verbunden. Man hat also in Fig. 5 die vierte Flasche entfernt und a_3 mit der Maaſsflasche verbunden zu denken. Bei der Ladung gingen 3 Funken in die Maaſsflasche über.

Be-

Benutzte Batterien.	Erwärmung im Schliefsungsbogen.		Verhältnifs d. Mittel.
1	7,3	7,3	1
2	13,3	13,0	1,8
3	17,7	18,5	2,5

Aus den Versuchen I bis IV. folgt, dafs die Erwärmung im Schliefsungsbogen der hier angewandten Batterie in geringerem Verhältnisse wächst, als die Zahl der benutzten Elemente.

Schlagweite. Es wurde die Batterie aus 4 Flaschen (Vers. I.) angewendet, im Schliefsungsbogen aber an der Stelle des Thermometers ein Funkenmikrometer angebracht. Die Verbindung des Bogens mit den Flaschen wurde auf verschiedene Weise bewerkstelligt.

Versuch V. Die eine Kugel des Mikrometers wurde mit dem Knopf i_1 der ersten Flasche verbunden, die andere Kugel mit einer der äufseren Belegungen. Die Kugeln wurden in solcher Entfernung von einander gestellt, dafs zwischen ihnen ein Funke überging zugleich mit dem Funken der Maafsflasche, der die bestimmte Ladung der Batterie anzeigte. Die Drähte, welche das Mikrometer mit den Flaschen verbanden, waren in der ersten Versuchsreihe so lang, dafs das Mikrometer bei allen Versuchen an derselben Stelle stehen bleiben konnte, in der zweiten wurde der eine Draht bis 3 Zoll verkürzt, so dafs das Mikrometer stets sehr nahe der äufsern Belegung der letzten benutzten Flasche stand. Die Schlagweiten sind nur bis 0,1 Linie gesucht, so dafs also die in der folgenden Tabelle angegebenen Weiten, um 0,1 vermehrt, keine Entladung im Mikrometer zuliefsen.

Benutzte Flaschen.	Schlagweite in par. Lin.		Verhältnifs d. Mittel.
1	0,4	0,4	1
2	1,0	1,0	2,5
3	1,7	1,7	4,2
4	2,5	2,6	6,4

Diese Untersuchungsart giebt zu grofse Schlagweiten, weil dabei der Schliefsungsbogen nothwendig isolirt ist, und

kurz vor dem Ueberspringen des Funkens in der Maafsflasche im Innern der ersten Batterieflasche eine gröfsere Dichtigkeit herrscht, als der daselbst befindlichen Elektricitätsmenge zukommt. Es wurde daher die folgende bessere Methode zur Bestimmung der Schlagweite angewandt.

Versuch VI. Die eine Kugel des Mikrometers wurde mit dem Entladungsapparat, die andere mit einem zur Erde abgeleiteten Drahte verbunden. Nachdem die Batterie die ihr bestimmte Ladung erhalten hatte, wurde der abgeleitete Draht an eine der äufseren Belegungen der Batterie angelegt und, nach Entladung der ausgeschlossenen Flaschen, durch den Entladungsapparat die Verbindung der isolirten Mikrometerkugel mit dem Knopfe i_1 der ersten Flasche hergestellt. Es wurde die gröfste Entfernung der Kugeln gesucht (bis 0,1 Lin.) bei welcher eine Entladung durch das Mikrometer stattfand.

Benutzte Flaschen.	Schlagweite in Linien.	Verhältnifs.
1	0,3	1
2	0,9	3
3	1,4	4,7
4	2,3	7,7

Versuch VII. Am leichtesten wurde die Schlagweite gefunden, wenn die eine Mikrometerkugel mit einem isolirten drehbaren Drahte, die andere mit einem zur Erde abgeleiteten Drahte verbunden war. Nach der Ladung der Batterie wurde der erste Draht mit dem Knopfe der ersten Flasche, der zweite mit einer äufseren Belegung in Berührung gesetzt, und durch behutsames Nähern der Kugeln des Mikrometers eine Entladung der Batterie herbeigeführt.

Benutzte Flaschen	Schlagweite in Linien.		Verhältnifs d. Mittel.
1	0,3	0,3	1
2	0,85	0,95	3
3	1,4	1,4	4,7
4	2,2	2,3	7,5

Versuch VIII. An der in Versuch IV gebrauchten, aus

3 Elementen bestehenden, Batterie wurden folgende Schlagweiten gefunden.

Benutzte Elemente.	Schlagweite.	Verhältnifs.
1	0,4	1
2	1,2	3
3	1,8	4,5

In den Versuchen V bis VIII ist bei Benutzung von 1 bis 3 Elementen die Schlagweite noch nicht bis zum fünffachen, bei Benutzung von 1 bis 4 Elementen nicht bis zum achtfachen gestiegen.

Versuche im Zwischendrahte.

Versuch IX. In der aus 4 Flaschen bestehenden Batterie (Fig. 5.) wurde das Thermometer in den Zwischendraht $a_1 i_2$, zwischen der ersten und zweiten Flasche, eingeschaltet und die Erwärmung bei der Entladung der Batterie durch den Schliefsungsbogen beobachtet. Es konnte hier nur die Ladung gebraucht werden, die 1 Funken in der Maafsflasche erzeugte, weil bei stärkerer Ladung Elektricität am Thermometer ausströmte. Bei Anwendung Einer Flasche wurde der Schliefsungsbogen hinter dem Thermometer angelegt, so dafs sich letzteres im Schliefsungsbogen befand.

Benutzte Flaschen	1	2	3	4
Erwärmung	3	4	5,5	7,5.

Versuch X. An die Stelle des Thermometers wurde das Funkenmikrometer gesetzt, so dafs also der Zwischendraht unterbrochen war; während der Ladung wurde die Lücke durch ein Drahtstück ausgefüllt, das darnach isolirt entfernt wurde. Es wurde die gröfste Entfernung der Kugeln des Mikrometers gesucht, bei welcher die Entladung der Batterie durch den Schliefsungsbogen einen Funken im Mikrometer erzeugte. Diese Entfernung giebt die Schlagweite im Zwischendrahte.

Benutzte Flaschen.	Schlagweite in Linien.	Verhältnifs.
1	0,3	1
2	0,9	3
3	1,4	4,7
4	2,2	7,3

Versuch XI. Um genauere Werthe der Erwärmung zu erhalten wurde die Batterie aus 3 Elementen (Versuch IV) gebraucht, der eine Ladung gegeben wurde, bei welcher in der Maafsflasche 3 Funken übergingen.

Benutzte Elemente.	Erwärmung.		Verhältnifs d. Mittel.
1	8	8	1
2	13,5	13,8	1,7
3	19	20	2,4

Versuch XII. Im ersten Zwischendrahte dieser Batterie wurden die folgenden Schlagweiten gefunden. Die Ladung war in der zweiten Reihe gröfser als in der ersten.

Benutzte Elemente.	Schlagweite in Linien.		Verhältnifs d. Mittel.
1	0,25	0,4	1
2	0,80	1,2	3,1
3	1,10	1,7	4,3.

Diese Versuche im Zwischendrahte entsprechen genau den im Schliefsungsbogen angestellten. Auch hier nimmt die Erwärmung in geringerem Verhältnisse zu, als die Zahl der benutzten Elemente, und die Schlagweite erreicht bei 3 Elementen nicht das fünffache, bei 4 Elementen nicht das achtfache der Schlagweite, die bei Benutzung eines Elementes gefunden wurde.

Versuche an einer Batterie mit ungleichen Elementen.

Bisher war die Batterie aus gleichen Elementen zusammengesetzt; jedes Element bestand aus einer Flasche, oder aus mehreren gleichartig mit einander verbundenen Flaschen. Nun wurde eine Batterie aus 2 Elementen gebildet und die Gröfse des einen Elementes verändert.

Versuch XIII. Zum ersten (an dem Conductur der Maschine anliegenden) Elemente wurde eine Flasche von $1\frac{1}{2}$ □ Fufs Belegung genommen und das zweite Element aus

1 bis 4 gleichen Flaschen zusammengesetzt (Fig. 6.) Der Zwischendraht $a_1 i_2$ war hier, wie früher, 21 Zoll lang, $\frac{7}{12}$ Lin. dick. Es wurden folgende Erwärmungen an einem im Schliefsungsbogen eingeschalteten Thermometer bei gleicher Ladung der Batterie beobachtet.

Zahl der Flaschen des zweiten Elementes s_2	Erwärmung θ.		$\theta \sqrt{s_2}$.
1	23,8	24	23,9
2	19,0	18,3	26,3
3	17,3	17,0	29,6
4	16,2	16,5	33,6.

Versuch XIV. Das zweite Element wurde constant genommen, das erste hingegen aus 1 bis 4 Flaschen gebildet. (Fig. 7.) Am Schliefsungsbogen wurden folgende Erwärmungen beobachtet.

Zahl der Flaschen des ersten Elementes s_1.	Erwärmung θ.		$\theta \sqrt{s_1}$.
1	24		24
2	18,5	18,2	25,9
3	16,4	16,6	28,6
4	15,8	15,7	31,4.

In beiden Versuchen nimmt die Erwärmung mit vermehrter Flaschenzahl des veränderlichen Elementes ab, so aber, dafs das Product der Erwärmung in die Quadratwurzel der Zahl der Flaschen merklich zunimmt.

Die Resultate der mitgetheilten Versuche weichen bedeutend von den Gesetzen ab, die Dove in der oben angeführten Abhandlung als allgemeingültig für die Franklin'sche Batterie aufgestellt hat.

Die Erwärmung sowohl im Schliefsungsbogen als im Zwischendrahte soll proportional der Zahl der gleichen Elemente zunehmen, die zur Entladung benutzt werden; hier ist die Erwärmung in geringerem Verhältnisse wachsend beobachtet worden. Bei 1 bis 4 Elementen stieg die Erwärmung nur von 1 bis 3. (Vers. I bis IV, IX, XI.)

Die Schlagweiten im Schliefsungsbogen und Zwischendraht sollen im Verhältnisse der Quadrate der benutzten Elemente stehen, hier ist diefs Verhältnifs viel kleiner gefunden worden. Bei 1 bis 4 Elementen nahm die Schlagweite von 1 bis höchstens 7,7 zu (Vers. V. bis VIII, X, XII.)

Bei veränderter Gröfse eines Elements einer aus zwei Elementen bestehenden Batterie soll das Product der Erwärmung im Schliefsungsbogen in die Quadratwurzel der Flächengröfse des Elementes constant seyn; hier ist das Product mit steigender Flächengröfse zunehmend gefunden worden (Vers. XIII, XIV.) Diese Abweichungen werden nicht auffallen, wie die folgende Auseinandersetzung gezeigt haben wird, dafs eine unbestimmte Aufgabe vorgelegen hat, für die also keine allgemeine Lösung zu erwarten ist.

Ursache der Entladungserscheinungen der Franklin'schen Batterie.

Eine leydener Flasche nimmt in ihrem Inneren so lange Elektricität auf, bis ihr Knopf eine bestimmte elektrische Dichtigkeit erreicht hat. Die aufgenommene Elektricitätsmenge ist sehr gering, wenn die äufsere Belegung der Flasche isolirt ist, wird um desto gröfser, ein je längerer Draht an die äufsere Belegung angelegt worden, und erreicht ihr Maximum, wenn der Draht mit der Erde in Verbindung gesetzt worden ist. Es folgt hieraus, was sich auch leicht direct nachweisen liefse, dafs bei einer bestimmten Elektricitätsmenge im Inneren der Flasche die Dichtigkeit an ihrem Knopfe desto gröfser ist, eine je geringere Ableitung ihre äufsere Belegung erhalten hat. In der That ist nun die Franklin'sche Batterie, in der Art benutzt, wie es die aufgeführten Versuche zeigen, nichts anderes als eine solche einzelne Flasche mit veränderliches Ableitung ihrer äufseren Belegung. Aus je mehr Elementen eine solche Batterie besteht, desto geringer ist die Ableitung, desto mehr Widerstreben, nach Franklin's Ausdruck, hat ihr erstes Element gegen die Ladung, und desto gröfser ist bei constanter Ladung die elektrische Dichtigkeit am Knopfe dieses Ele-

ments. Hat man daher eine Batterie aus 4 Elementen (Fig. 5.) geladen, und benutzt nur 3 Elemente bei der Entladung, indem man den Schliefsungsbogen an a_3 anlegt, so sinkt augenblicklich die Dichtigkeit am Knopfe i_1 und man mufs daher eine kleinere Schlagweite finden, als wenn der Bogen an a_4 angelegt worden wäre. Aus gleichem Grunde mufs die Schlagweite noch kleiner seyn, wenn der Bogen an a_2 und endlich an a_1 angelegt wird. Man könnte glauben, dafs ein allgemein gültiges Gesetz für diese Abnahme der Schlagweite zu finden wäre, wenn die Bedingung gestellt ist, dafs alle Elemente der Batterie gleichartig und gleichgrofs, alle Isolirteller und Zwischendrähte gleich genommen werden. Diefs ist nicht der Fall. Ich habe in einer früheren Untersuchung [1]) einen ähnlichen aber viel einfachereren Fall behandelt. Einer elektrisirten Metallscheibe war eine gleiche, vollkommen abgeleitete Scheibe parallel gegenübergestellt, und ich suchte die Schlagweite oder die ihr proportionale elektrische Dichtigkeit an einem Punkte der elektrisirten Scheibe bei verschiedener Entfernung der Scheibe von einander. Die Abnahme der Dichtigkeit mit zunehmender Entfernung zeigte sich verschieden nach der absoluten Gröfse der Scheiben, nach der Lage des Punktes, an dem die Dichtigkeit untersucht wurde, und endlich nach der Lage des Ableitungsdrahtes der zweiten Scheibe, so dafs ein Gesetz für diese Abnahme nicht aufgestellt werden konnte. Es ist daraus zu schliefsen, dafs bei der Franklin'schen Battere die Abnahme der Schlagweite des ersten Elementes nach der Zahl der benutzten Elemente abhängig seyn wird von der Gestalt und absoluten Gröfse der Elemente und Isolirteller und von der Form und Länge der Zwischendrähte, so dafs ein Gesetz dieser Abnahme nur für den angewandten Apparat Geltung hat. Dasselbe, was für die Dichtigkeit am Knopfe des ersten Elementes, also für die Schlagweite im Schliefsungsbogen, gilt auch für die Dichtigkeit am Knopfe eines fol-

1) Pogg. Ann. Bd. 73, S. 379—398.

genden Elementes oder die Schlagweite in einem Zwischendrahte der Batterie.

Die Erwärmung im Schlieſsungsdrahte einer gewöhnlichen Batterie hängt von der Elektricitätsmenge in der Batterie und der Schlagweite am Fortsatze der Batterie ab, an dem die Entladung vollführt wird, der Schlagweite sowohl, die der mittleren elektrischen Dichtigkeit der Batterie proportional, als der, die von der besonderen elektrischen Anordnung auf dem Fortsatze abhängig ist, und die ich partikuläre Schlagweite nennen will. In Bezug auf die letztere habe ich gezeigt [1], daſs dieselbe Batterie, durch Kugeln entladen, eine kleinere Schlagweite hat, als wenn der Entladungsfunke zwischen Scheiben übergeht, und daſs die Erwärmung im Schlieſsungsbogen im zweiten Falle gröſser ist, als im ersten. Daſs mit der Dichtigkeit in der Batterie, der die Schlagweite proportional ist, die Entladungsdauer der Batterie im umgekehrten Verhältniſs stehe, habe ich zuerst vor dreizehn Jahren angenommen [2] und seitdem durch eine groſse Menge von Versuchen bestätigt gefunden. Diese Versuche, aus welchen ich die Gesetze der elektrischen Erwärmung ableitete, bin ich auf das Sorgfältigste bemüht gewesen von einer Aenderung der partikulären Schlagweite frei zu halten. Deshalb wurden überall die Flächen, zwischen welchen die Entladung eintritt, ungeändert gelassen, und die Näherung dieser Flächen wurde niemals mit der Hand, sondern durch einen fallenden Körper ausgeführt. Ganz im Gegensatze hierzu ist es nun bei der Franklin'schen Batterie die partikuläre Schlagweite allein, die geändert wird, da man die mittlere Dichtigkeit der direct am Conductor geladenen Flasche bei zu vergleichenden Versuchen constant erhält. Die Schlagweite dieser Flasche wird nach der obigen Betrachtung geändert durch Aenderung der Ableitung ihrer äuſseren Belegung, und ist unzweifelhaft die Ursache der Verschiedenheit der beobachteten Erwärmungen. Es folgt hieraus, daſs ebenso we-

1) Pogg. Ann. 43. 79.
2) Pogg. Ann. 40. 351.

nig wie für die Schlagweite, ein allgemeines Gesetz der Erwärmung nach der Zahl der benutzten Elemente der Batterie gefunden werden kann. Doch war es denkbar, dafs unter gegebenen Bedingungen zwischen Schlagweite und Erwärmung eine bestimmte Beziehung stattfände, und so habe ich früher beiläufig [1]) diese Beziehung angedeutet für den Fall, wo beide Erscheinungen in dem Zwischendrahte einer Franklin'schen Batterie beobachtet wurden. Auch diese Beziehung findet nach den hier vorgelegten Versuchen nicht allgemein statt und es ist darnach zu schliefsen, dafs Voraussetzungen, die in Bezug auf die mittlere elektrische Dichtigkeit einer geladenen Flasche gelten, nicht auf die Dichtigkeit einzelner Theile ihrer Belegung übertragen werden dürfen.

Für die Erwärmung und Schlagweite im Schliefsungsbogen und Zwischendrahte einer aus gleichen Elementen bestehenden Franklin'schen Batterie lassen sich also keine Gesetze aufstellen, die nur die Zahl der benutzten Elemente in sich begreifen. Ein Gleiches gilt für eine aus zwei Elementen bestehende Batterie, in welcher die Gröfse eines Elementes verändert wird, wie ein Blick auf Fig. 6 und 7 lehrt. In Fig. 6 ist es eine constante Flasche, deren äufsere Belegung eine Ableitung von 1 bis 4 Flaschen erhält, an deren Knopfe daher eine veränderliche partikuläre Schlagweite eintritt, welche die Ursache der im Schliefsungsbogen beobachteten Erwärmungen ist. Zusammengesetzter ist der Fall der Fig. 7, der nur zum Theil hierher gehört. Es wird ein Element, das aus 1 bis 4 Flaschen besteht, am Conductor mit constanter Elektricitätsmenge geladen; die mittlere elektrische Dichtigkeit des Elementes nimmt ab im Verhältnifs der zunehmenden Flaschenzahl und es müfste daher nach dem allgemeinen Gesetze die Schlagweite und Erwärmung im gleichen Verhältnisse abnehmen. Nun aber bildet eine constante Flasche die Ableitung der äufseren Belegung dieses Elementes. Die Ableitung ist veränderlich im entgegengesetzten Sinn mit der Flaschenzahl des Ele-

1) Pogg. Ann. 76. 484.

mentes denn offenbar ist Eine Flasche für Eine Flasche eine gröfsere Ableitung, als für 2, 3 oder 4 gleiche Flaschen. Da nun nach dem Obigen die partikuläre Schlagweite eines Elementes zunimmt mit Verminderung seiner Ableitung, so mufs Schlagweite und Erwärmung hier in einem kleineren Verhältnisse abnehmen, als dem der zunehmenden Flaschenzahl des Elementes. Ein allgemeines Gesetz dieser Abnahme kann hier, wie überall, wo partikuläre Schlagweiten im Spiele sind, nicht erwartet werden.

Die Betrachtung der Entladung der Franklin'schen Batterie hat bisher den Einflufs der partikulären Schlagweite auf die Erwärmung gezeigt, einen Einflufs, der schon früher bekannt war und der sich einfacher und schlagender, als an der Franklin'schen, an der gewöhnlichen Batterie nachweisen läfst, indem man die Flächen ändert zwischen welchen der Entladungsfunke erscheint, oder die Wirkungen von zwei gleichen Flaschen vergleicht, die eine verschiedene Glasdicke besitzen. Aber ein Versuch ist noch nicht besprochen, der, wie die früheren, von Dove herrührt, und eine merkwürdige Bestätigung eines für die Entladung der Batterie überhaupt sehr wichtigen Satzes liefert. Wir haben gesehen (Versuch III.), dafs ein dem ersten Zwischendraht hinzugefügter Platindraht die Erwärmung im Schliefsungsbogen sehr bedeutend verminderte. Da weder die Menge noch Dichtigkeit der Elektricität im Bogen verändert werden kann durch die Zeit, in welcher die Elektricitäten sich im Zwischendrahte ausgleichen, so beweist die beobachtete Verminderung der Erwärmung die Abhängigkeit, in welcher die auf einander folgenden Partialentladungen, welche die Gesammtentladung bilden, von einander stehen. Jede Partialentladung einer Batterie kann erst dann eintreten, wenn die ihr vorangehende Partialentladung vollendet, also die Elektricität im Schliefsungsbogen zur Ruhe gekommen und der anfängliche Ladungszustand der Batterie wiederhergestellt ist. Diefs ist der Satz, den ich aufgestellt[1]) und durch neuere Versuche über die

1) Pogg. Ann. 78. 433.

Entladung in einem dauernd unterbrochenen Schliefsungsbogen bestätigt habe. Die Wirkung der Entladung der Franklin'schen Batterie ist demnach folgendermafsen abzuleiten:

Die Wirkung im Schliefsungsbogen wird allein durch die Entladung des Elementes der Batterie hervorgebracht, an dessen innere Belegung der Schliefsungsbogen angelegt ist. Elektricitätsmenge, mittlere Dichtigkeit, partikuläre Schlagweite dieses Elementes haben denselben Einflufs auf die Entladung, wie in der gewöhnlichen Batterie. Jede Partialentladung führt eine bestimmte Menge von Elektricität aus dem Inneren des Elementes in den Schliefsungsbogen; die Partialentladung ist vollendet und eine neue erfolgt, wenn jene Elektricitätsmenge den Schliefsungsbogen durchlaufen hat, und der Ladungszustand des Elements wiederhergestellt ist. Das Letztere geschieht durch Fortführung einer dem Ladungszustand entsprechenden Elektricitätsmenge aus der äufseren Belegung des Elements, und wird im ersten Zwischendrahte zugleich mit der Ausgleichung der Elektricitäten in den übrigen Zwischendrähten, ausgeführt. Die Dauer jeder Partialentladung und damit die ihrer Summe, welche die Wirkung der Gesammtentladung bestimmt, ist daher abhängig von der Beschaffenheit sowohl des Schliefsungsbogens als der Zwischendrähte. Dasselbe gilt für eine Wirkung im Zwischendrahte, so dafs auch hier die Zeit, in welcher die einzelnen Partialentladungen einander folgen, von der Zeit abhängt, in der die Ausgleichung der Elekricitäten in allen Zwischendrähten stattgefunden, und die Entladung den ganzen Schliefsungsbogen durchlaufen hat.

IV. *Beschreibung des seit* 1845 *zu Sans-Souci aufgestellten Regen- und Windmessers; construirt von* Legeler,

Königl. Hofgärtner und Lehrer an der Königl. Gärtner-Lehr-Anstalt.

Die Einrichtung dieses Instruments (Taf. IV. Fig. 8.) ist folgende. Das cylinderförmige Auffangegefäfs *A* von starkem Zinkblech, 1,129 par. Fufs im lichten Durchmesser, 9 par. Zoll hoch, enthält eine Grundfläche von etwa 1 □Fufs und hat einen Boden, dessen Durchmesser um 4 Zoll gröfser ist, als der Durchmesser im Lichten. Aufserhalb am Gefäfse befindet sich an einem platten Eisenstabe eine Windfahne *N*, deren unterer Rand 10 Zoll vom Boden entfernt ist. Die Fahne selbst ist 15 Zoll breit und 8 Zoll hoch; der Fahne gegenüber, ebenfalls aufserhalb, ist eine unten verschlossene Röhre *B* angebracht, 2 Zoll im Durchmesser, welche, um der Schwere der Windfahne das Gleichgewicht zu halten, mit Stückchen Eisen oder Blei gefüllt ist. Im Boden ist innerhalb des Gefäfses, dem Rande sehr nahe, *der Windfahne genau gegenüber*, ein Loch angebracht, woran ein Ausgufsröhrchen *a* gelöthet ist, von $\frac{3}{4}$ Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Breite, welches das in *A* gefallene Wasser schnell ausfliefsen macht, was man durch einen in *A*, nach *a* zu schrägliegenden zweiten Boden *J* erreicht. An dem Bodenrande nach unten zu ist ein Rand *r* senkrecht angelöthet, $2\frac{1}{2}$ Zoll breit, der die Oeffnung des Vertheilungsgefäfses *C* deckt, und dadurch verhindert, dafs Schnee oder Regen in letzteres geweht wird. Das Vertheilungsgefäfs *C*, ebenfalls von Zinkblech, ist auf eine der Lokalität angemessene Weise, unmittelbar auf dem Dache horizontal, und zwar so befestigt, dafs die (man sehe den Grundrifs *R* Fig. 9 Taf. IV.) in seinem Boden befindlichen 8 Löcher, mit Berücksichtigung der westlichen Abweichung, nach den 8 Himmelsgegenden zu stehen kommen. Die Seitenwände dieses Gefäfses *b* sind $2\frac{1}{2}$ Zoll hoch und der Raum auf der con-

centrischen Kreisfläche von 2½ Zoll Breite, ist durch 1½ Zoll hohe Querwände *q*, in 8 Abtheilungen getheilt, worin sich in der Mitte das Ausflufsröhrchen *x*, von ½ Zoll Durchmesser befindet. Der Anheftungspunkt für das Röhrchen ist der niedrigste in jeder Abtheilung, damit das durch *a* hineingelaufene Wasser sich schnell dahin begeben könne um abzufliefsen, und wird diefs leicht durch muldenförmiges Aushämmern der Bodenfläche jeder Abtheilung erreicht.

Sobald der Wind voll aus einer Himmelsgegend weht, und Regen mit sich führt, wird das Wasser durch *a* in diejenige Abtheilung gelangen, welche dieser Windrichtung entspricht; weht aber der Wind nicht voll aus einer Himmelsgegend, und schwankt er zwischen zwei oder mehreren Windrichtungen, so wird in diejenige Abtheilung das mehrste Wasser gelangen, welche mit der vorherrschendsten Windrichtung übereinstimmt. Zu dem Ende ist *A*, im Mittelpunkte seines Bodens an eine gehärtete Eisenstange *D*, welche ½ Zoll im Durchmesser hat, durch die daran befindlichen eisernen Lappen *y* befestigt, und bewegt sich *D* in einer ebenfalls gehärteten Pfanne *E*, welche letztere durch einen eisernen Arm oder Träger *T* an einem Dachsparren durch eine eiserne Platte *H* angeschraubt ist. Diese Pfanne überragt den kegelförmigen Theil von *D* um so viel, als nöthig ist, um zur leichten Bewegung in den dadurch gebildeten Raum *d* Oel giefsen zu können.

Die Ausflufsröhren *x* sind etwa 3 Zoll lang, und es befinden sich unter ihnen entweder unmittelbar die 8 gläsernen Mefscylinder *F*, auf dem runden hölzernen Boden *G* aufgestellt, oder ihre Enden sind mit so langen und ½ Zoll weiten Glasröhren durch kurze Gummiröhren *t* verbunden, als die Entfernung von ihnen bis nach *G* hin erfordert. Die Mefscylinder sind 12 Zoll hoch, oben ohne umgebogenen Rand, 1 Zoll im Lichten weit und werden folgendermafsen getheilt.

Ist nämlich in *A* eine Linie hoch Wasser gefallen, so beträgt diefs für die Grundfläche von 1 □ Fufs 12 Kubikzoll; wiegt man hiervon den zehnten Theil, 1⅕ Kubikzoll,

welche bei 15° R. 23.7676 Grm. wiegen, ab. und füllt dieses Wasser in einen der angegebenen Cylinder, so nimmt es etwa 1¾ Zoll Höhe darin ein, für welchen Stand dann aufserhalb am Cylinder, mit Berücksichtigung der Capillarität, ein Strich eingeschliffen wird, und enthält der Cylinder ungefähr sechs Mal diese Höhe, welche durch eingeschliffene Zahlen von 1 — 6 bezeichnet werden. Dem sechsten Theilungsstrich gegenüber ist ein rundes Loch eingeschliffen, etwa ⅜ Zoll weit, woran ein 2½ Zoll langes und ⅜ Zoll starkes Ansatzrohr *e*, ein wenig nach unten gerichtet, mit Siegellack angekittet wird, zu welchem Ende der obere Theil des Röhrchens eine runde, muldenförmig vertiefte Platte erhält. Der untere Theil von *e* ist abgeschrägt, damit der letzte Tropfen Wasser um so leichter abfallen könne. Die Länge zwischen je zwei Theilstrichen wird mit einem Maafsstabe halbirt und hier ein kürzerer Strich oder Punkt eingeschliffen.

Eine Zehntel Linie ist gleich Hunderttausendtel Linien, und kann durch diese Eintheilung ein am Abschätzen geübtes Auge die Länge der im Cylinder vorhandenen Wassermenge, in Tausendtel-Linien ausgedrückt, bestimmen. Das über $\frac{6}{10}$ Linien in den Cylinder gefallene Wasser fliefst durch *e* in den Behälter *K*, welcher von Zinkblech, innerhalb eine so weite Röhre *z* hat, dafs diese die Windstange *D* durchzustecken erlaubt. In *K* fliefst das Wasser durch die am oberen Rande befindliche concentrische Oeffnung *w*, welche durch den Deckel *u* gebildet wird, der auf dem Endpunkt von *z* aufsteckt. Durch den Hahn *f* wird das Wasser abgelassen, mit einem der Cylinder gemessen, und die erhaltene Wasserhöhe demjenigen Cylinder zugezählt, welcher übergelaufen ist. Sind 2 Cylinder zugleich übergelaufen, so mufs die stattgehabte vorherrschende Windrichtung entscheiden. Münden die Röhrchen *x* unmittelbar in den Cylinder, so erhalten sie am Ende eine 1½ Zll. hohe und 1⅓ Zll. weite Kappe *g*, in welche der obere Theil des Cylinders gesteckt wird; das Ende des Röhrchens ragt ein wenig und zwar abgeschrägt hinein, damit auch hier

der letzte Wassertropfen abfallen könne. Mündet die Röhre nicht unmittelbar in den Cylinder, und ist sie mit Glasröhren verbunden, so trägt das Ende der Glasröhren mit Siegellack angekittet eine dergl. Kappe, welche den Zweck hat, dafs das in dem Cylinder befindliche Wasser nicht so leicht verdunste, da in der Regel nur alle 24 Stunden die gefallenen Wassermengen eingetragen werden. Die Menge des, bei einer etwas langen Leitung dadurch verloren gehenden Wassers, da ein Theil desselben zur Befeuchtung der Röhrenwände erfordert wird, bevor es in die Cylinder fliefsen kann, wird durch einen Versuch festgestellt, und dieser Verlust entweder bei der Messung jedem Cylinder als ein beständiges Minus zugezählt, oder der erste Theilstrich bei allen um so viel niedriger angebracht.

Der durch *A* aufgefangene Schnee wird herausgenommen, geschmolzen, und das Wasser mit einem getheilten Cylinder gemessen; um hierbei zu *A* gelangen zu können, mufs sich im Dache eine verschliefsbare Luke befinden.

Auf Erfahrung begründet ist es vorzuziehen von irgend einer angemessen gelegenen horizontalen Fläche die darauf für 1 □ Ffs. gefallene Menge Schnee zu entnehmen und zu schmelzen, weil, wenn derselbe nicht sogleich in *A* schmilzt, viel davon, selbst während des Schneefalls, durch den Wind wieder herausgeweht wird, oder man kann für die Schneemonate die Oeffnung von *A*, mit einem übergreifenden etwas gewölbten Deckel verschliefsen, der in der Mitte eine Oeffnung von einem halben Quadratfufs hat, wonach dann die gefallenen Schneemengen doppelt zu notiren sind.

Jede Kappe trägt aufserhalb am Rande eine der Himmelsgegend entsprechende Bezeichnung, und sind alle Kappen, der festeren Haltung wegen, durch den kreisförmigen Zinkstreifen *m* mit einander verbunden.

Der Boden *G* ist 1½ Zll. stark, in der Mitte durchbohrt, um *D* durchzulassen, welche mit ihrer kegelförmigen metallenen Spitze auf der Unterlage *h* in einer kleinen Vertiefung ruht. Das über *k* hinaus befindliche Ende derselben

ist von Holz ½ Zll. stark. und endet in einem geraden Zapfen, der in das gabelförmige Ende der Eisenstange D pafst, und dadurch befestigt wird, dafs durch die Gabel und den hölzernen Zapfen ein Loch hindurchgeht, durch welches nach der Vereinigung beider ein entsprechend starker Draht i gesteckt wird. Diese Vorrichtung unterbricht bei bedeutender Länge von D die mögliche Leitung von Elektricität in das Innere des Gebäudes, und bewirkt zugleich, dafs sich die Spitze von D nur in h dreht, ohne zugleich mit dem Gewichte von A darauf zu ruhen, indem der eigentliche Stützpunkt für A in E liegt.

Am untersten Ende von D ist eine Hülse k angebracht, welche mit einem Drahte daran befestigt wird. Hieran befindet sich ein gekrümmter Draht M, der mit seinem unteren Ende in die auf dem hölzernen Boden L befindliche ½ Zll. breite. 1 Zll. hohe, oben ausgeschweifte mit Sand ausgefüllte Rinne n reicht, und hier, wenn er sich dreht, eine kleine Furche im Sande hervorbringt. Die Richtung, in welcher M gegen D befestigt werden mufs, ist eine der Ebene der Windfahne entgegengesetzte, so dafs die Spitze von M dem Beobachter die Himmelsgegend anzeigt, aus welcher der Wind weht.

Die Himmelsgegenden sind auf L nach Grundrifs Z, (Fig. 10. Taf. VI.) mit den oberen entsprechend bezeichnet, wodurch der Beobachter im Stande ist genau und leicht die statthabende Windrichtung aufzuzeichnen. Der Sand in der Rinne n hat den Zweck, dafs man an den durch M darin hervorgebrachten kleinen Furchen, welche nach aufgezeichneter Beobachtung wegen des ausgeschweiften Randes leicht mit dem Finger wieder zugestrichen werden kann, auch die stattgehabten Schwankungen des Windes wahrnimmt.

Um beim Durchlaufen des Windes durch die ganze Windrose festzustellen, ob dabei eine Drehung nach Rechts oder Links stattgefunden habe, sind an den vier, 1 Fufs hohen und angemessen starken Säulen Q, bewegliche Drähte o angebracht, welche in einer Unterlage p so befestigt sind, dafs

dafs sie, aufgerichtet, von dem diesen Punkt in der Windrose durchlaufenden oberen Theil des Drahtes *M* erfafst, und auf die Seite gelegt werden können. Stand also der Wind im Norden, und ist die ganze Windrose durchlaufen, so werden diese vier Drähte, wenn die Richtung durch Westen ging, nach Rechts umgelegt seyn, und Links umliegen, wenn die Richtung durch Osten stattfand, der Beobachter nämlich in Norden aufgestellt gedacht, mit dem Gesicht nach Süden gewendet.

Der Boden *L* befindet sich auf eine angemessene Weise, doch unverrückbar, befestigt.

Dieser so construirte Regenmesser läfst demnach, ohne die stete Gegenwart des Beobachters zu erfordern, folgende Beobachtungen zu:

1) Das gefallene Regenwasser, oder sonstige Niederschläge werden, in Tausendtel-Linien ausgedrückt, von demjenigen Cylinder aufgenommen, welcher der dabei stattgehabten Hauptwindrichtung entspricht.

2) Die Richtung des Windes wird genau nach der Himmelsgegend angegeben, und eine stattgehabte Windstille dadurch bemerbar gemacht, dafs der Zeiger keine Furche in dem Sande hervorbrachte.

3) Bei eingetretenem Durchlaufen des Windes durch die ganze Windrose wird festgestellt, ob diefs nach Rechts oder Links stattfand.

Nachstehende Tafeln enthalten die monatlichen Mittel der bisher mit diesem Wind- und Regenmesser gemachten Beobachtungen:

Windrichtungen.

		O Nieder-schläge.	Windlage.	SO Nieder-schläge.	Windlage.	S Nieder-schläge.	Windlage.	SW Nieder-schläge.	Windlage.	W Nieder-schläge.	Windlage.	NW Nieder-schläge.	Windlage.	N Nieder-schläge.	Windlage.	NO Nieder-schläge	Windlage.
December	1845	—	—	0,950	8	4,680	9	4,000	5	2,125	6	1,935	2	0,450	1	0,450	—
Januar	1846	10,950	4	—	9	4,150	6	4,425	7	—	—	—	2	—	—	3,075	3
Februar	—	—	1	—	3	—	4	2,850	4	4,400	7	—	5	3,275	2	—	2
März	—	—	—	0,800	5	0,500	6	—	4	4,415	8	—	6	3,800	1	—	1
April	—	5,310	1	1,500	3	3,400	6	1,225	3	10,466	4	2,500	4	—	—	—	9
Mai	—	—	5	—	2	—	4	7,650	—	0,875	4	5,275	11	—	2	—	3
Juni	—	—	3	0,325	1	6,275	1	7,505	2	—	5	0,100	15	0,975	1	0,575	2
Juli	—	—	4	—	1	0,200	5	0,175	5	7,250	6	15,725	7	1,150	2	—	1
August	—	—	8	—	3	—	—	—	1	7,850	4	0,325	3	7,300	2	0,925	10
September	—	—	3	—	3	0,555	5	1,775	4	—	—	1,775	6	0,612	3	0,025	6
October	—	—	6	—	2	1,900	12	26,915	5	—	—	—	—	10,585	1	0,050	5
November	—	0,725	7	—	3	3,350	6	—	4	—	2	1,250	1	0,025	1	—	6
v. 1. Dec. 45 b. 30. Nov. 46		16,985	42	3,575	43	25,010	64	56,520	44	37,381	46	28,885	62	28,172	16	5,100	48

Summa der Niederschläge 201,628 Lin.; davon Regenwasser 190,163; Schneewasser 11,465.

		O		SO		S		SW		W		NW		N		NO	
		Nieder-schläge.	Windlage.	Nieder-schläge.	Windlage.	Nieder-schläge.	Windlage.	Nieder-schläge.	Windlage.	Nieder-schläge.	Windlage.	Nieder-schläge.	Windlage.	Nieder-schläge.	Windlage.	Nieder-schläge.	Windlage.
December	1846	—	—	—	—	2,125	4	1,400	5	0,075	12	0,275	4	0,280	2	0,150	4
Januar	1847	—	6	—	1	1,150	6	—	1	—	—	—	—	3,050	5	1,200	12
Februar	—	0,350	2	—	—	2,025	4	5,025	7	0,850	5	1,800	3	1,350	4	—	3
März	—	—	—	1,150	3	—	9	5,450	5	1,150	4	—	7	—	—	—	3
April	—	—	—	—	3	0,300	3	3,410	6	0,600	2	1,162	7	6,250	4	3,000	5
Mai	—	—	4	12,400	2	0,250	—	7,240	14	—	3	8,075	5	0,050	—	—	3
Juni	—	—	—	—	1	—	—	5,200	18	4,600	1	0,725	5	0,200	5	—	—
Juli	—	—	1	—	1	—	—	2,000	2	—	11	6,250	13	1,800	—	—	1
August	—	—	3	—	1	—	—	7,110	4	0,175	6	6,000	3	—	2	7,425	4
September	—	—	—	—	—	1,725	12	8,625	7	2,040	7	8,825	4	—	—	—	—
October	—	1,900	3	—	1	3,450	6	0,437	4	1,050	2	7,300	7	1,225	5	—	2
November	—	—	1	—	8	6,700	12	1,125	4	0,625	1	—	3	—	—	—	1
v. 1. Dec. 46 b. 30. Nov. 47		2,250	20	13,550	21	17,725	56	47,022	77	11,165	54	40,412	61	14,205	27	11,775	38

davon Regenwasser in Summa 138,549
» Schneewasser » » 19,555
Summa 158,104 Lin.

		O Nieder-schläge.	Windlage.	SO Nieder-schläge.	Windlage.	S Nieder-schläge.	Windlage.	SW Nieder-schläge.	Windlage.	W Nieder-schläge.	Windlage.	NW Nieder-schläge.	Windlage.	N Nieder-schläge.	Windlage.	NO Nieder-schläge.	Windlage.
December	1847	—	5	—	5	0,200	8	1,075	1	0,850	1	0,875	—	0,200	—	—	9
Januar	1848	0,357	10	—	2	—	—	—	1	—	—	1,930	1	2,125	1	1,025	16
Februar	—	—	1	7,675	2	5,058	11	3,340	9	—	—	2,105	4	—	1	—	1
März	—	1,100	2	3,200	10	4,150	7	0,105	6	0,700	—	0,825	4	0,250	1	—	1
April	—	—	—	0,150	5	0,100	5	9,325	7	0,875	4	0,350	4	9,175	1	7,175	4
Mai	—	—	—	1,250	4	—	1	1,100	2	3,400	1	10,125	13	—	3	—	7
Juni	—	—	1	0,175	4	1,600	5	11,085	6	3,350	5	6,035	4	8,000	1	15,025	4
Juli	—	—	1	—	2	—	1	2,283	10	2,700	8	2,155	6	0,075	1	—	2
August	—	—	2	—	1	0,375	5	4,600	12	4,665	9	6,095	1	4,150	1	4,525	—
September	—	—	3	—	1	1,250	2	0,325	5	—	4	5,110	7	—	4	—	3
October	—	0,320	2	—	1	1,250	9	0,516	3	0,300	2	6,220	4	1,350	2	7,785	8
November	—	2,900	1	—	2	0,485	6	7,912	9	2,505	5	11,850	4	—	—	—	3
v. 1. Dec. 47 b. 30. Nov. 48		4,677	28	12,450	39	14,468	60	40,666	71	19,345	39	53,675	52	25,325	16	35,535	58

davon Regenwasser in Summa 196,424
» Schneewasser » » 9,717
Summa 206,141 Lin.

		O Nieder-schläge.	Windlage.	SO Nieder-schläge.	Windlage.	S Nieder-schläge.	Windlage.	SW Nieder-schläge.	Windlage.	W Nieder-schläge	Windlage.	NW Nieder-schläge.	Windlage.	N Nieder-schläge.	Windlage.	NO Nieder-schläge.	Windlage.
December	1848	0,025	5	—	—	2,550	7	0,275	3	—	5	0,450	—	—	—	—	1
Januar	1849	6,500	5	0,300	1	1,525	1	7,541	7	2,300	6	3,225	3	—	—	—	1
Februar	—	—	—	—	—	0,025	1	3,750	5	2,375	4	8,110	13	—	2	—	—
März	—	3,800	4	—	1	—	—	0,180	—	2,862	7	7,205	11	—	2	1,600	3
April	—	0,375	5	—	9	—	1	2,150	4	3,200	3	4,450	4	8,025	1	5,275	2
Mai	—	—	11	—	3	—	1	0,725	3	6,075	—	2,250	7	—	1	4,500	—
Juni	—	0,650	3	—	1	0,300	1	0,785	4	0,160	4	5,567	14	—	2	—	1
Juli	—	—	1	—	1	0,060	1	14,100	12	0,720	1	10,460	5	—	4	—	1
August	—	—	—	—	1	—	—	9,780	4	1,685	8	4,280	8	0,800	7	—	—
September	—	4,525	2	—	4	0,355	1	3,225	6	5,000	—	3,775	4	0,025	1	2,825	7
October	—	3,200	1	—	4	4,075	2	3,880	8	—	—	1,675	4	2,725	2	—	5
November	—	—	2	—	4	0,050	4	2,158	5	—	7	5,175	5	—	1	—	—
v. 1. Dec. 48 b. Nov. 49		19,075	39	0,300	29	8,940	20	48,549	61	24,377	45	56,622	78	11,575	23	14,200	21

davon Regenwasser in Summa	137,708
» Schneewasser » »	25,655
» Schnee mit Regen »	18,300
» Hagel u. s. w. »	1,975
Summa der Niederschläge	183,638 Linien.

V. *Ueber die Leitkraft der Erde für Elektricität; von A. Baumgartner.*

(Aus den Sitzungsberichten der K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Mai 1849).

Seit der Zeit, als man durch Gray die ersten Begriffe über elektrische Leitung der Körper erlangt hatte, ward die Erde immer für einen Leiter der Elektricität gehalten; man hat es aber nicht versucht, ihr den Rang unter den Leitern nachzuweisen, oder gar ihre Leitungsfähigkeit in einem Zahlenwerthe auszudrücken, ohne Zweifel, weil man, bis vor ein Paar Decennien, die Mittel und Apparate, welche zu solchen Bestimmungen nöthig sind, nicht kannte, und jetzt, wo man sie kennt, dieselben nur verhältnifsmäfsig wenigen Personen zu Gebote stehen.

Der Umstand, dafs mir bei der Einrichtung unserer ausgedehnten Telegraphenlinie die Oberleitung dieser Angelegenheit anvertraut ward, setzte mich in die Lage, einiges zur Lösung der vorgenannten wichtigen Aufgabe unternehmen zu können, und ich glaube, im Interesse der Wissenschaft, diese Gelegenheit benutzen zu müssen.

Erlauben Sie nun, dafs ich Ihnen das, was ich hierin unternommen habe, und zu welchen Resultaten es geführt, in Kürze mittheile.

Bekanntlich genügt es zum Behufe einer telegraphischen Correspondenz zwischen zwei Orten nur eine einzige Drahtleitung einzurichten und in jeder der beiden Endstationen das Drahtende in die Erde zu versenken; denn der in einer Station erregte elektrische Strom geht im Drahte hin und in der Erde wieder zurück, oder umgekehrt, und derselbe hat den Leitungswiderstand im Elektromotor, im Drahte und in der Erde zu überwinden.

Sind aber zwischen zwei Stationen zwei Leitungsdrähte gezogen, die an jeder Endstation mit ihren Enden leitend verbunden sind, so dafs sie eine in sich selbst zurückkeh-

rende leitende Kette bilden, so kann der an irgend einer Stelle dieser Kette erregte elektrische Strom in einem Drahte hin, im anderen zurücklaufen, und er hat auf seinem Wege aufser dem Widerstande des Elektromotors nur den des Drahtes selbst zu gewältigen. Stehen einem aber beide Einrichtungen zugleich zwischen denselben Stationen zu Gebote, so kann man den in der Drahtleitung hinlaufenden Strom eines constanten Elektromotors einmal im Drahte, ein anderes Mal in der Erde zurückkehren lassen. Wird nun durch ein in die Drahtleitung eingeschaltetes geeignetes Mefsinstrument in beiden Fällen die Stromstärke gemessen, so kann man, nach den bekannten Gesetzen der Bewegung elektrischer Ströme, das Verhältnifs der Leitungswiderstände in einer Längeneinheit des Drahtes und des zwischen beiden telegraphischen Stationen gelegenen Theiles des Erdkörpers numerisch bestimmen, und somit die Aufgabe lösen, welche ich vorher angedeutet habe.

Ich habe mich, um dieses durchzuführen, eines Theiles unserer nördlichen Telegraphenlinie bedient. Es geht nämlich vom Bahnhofe der Kaiser Ferdinands-Nordbahn eine aus Kupferdraht von einer Wiener Linie Dicke bestehende Leitung über Gänserndorf nach Brünn, Olmütz und Prag, und eine zweite ebenfalls über Gänserndorf nach Prefsburg, so, dafs demnach zwischen Wien und Gänserndorf zwei Drahtleitungen gezogen sind. Ich schaltete in die Drahtleitung, welche mit einem Ende in Wien, mit dem anderen in Gänserndorf in die Erde versenkt ist, ein kleines Zink-Platin-Element mit amalgamirter Zinkplatte und angesäuertem Wasser und eine sehr empfindliche Sinusboussole ein, und beobachtete unter den bekannten Vorsichten, nachdem die Nadel der Boussole in Ruhe gekommen war, die Gröfse des Ableitungswinkels.

Hierauf liefs ich sowohl in Wien als in Gänserndorf die Drahtenden von ihrer Verbindung mit der Erde lösen und dagegen mit dem von Wien nach Prefsburg führenden Drahte leitend verbinden, jede andere Verbindung aber aufheben, und mafs abermals den Ableitungswinkel der

Magnetnadel. Bei drei hinter einander angestellten Versuchen erhielt ich nachstehende Ablenkungen:

	1. Versuch.	2. Versuch.	3. Versuch.	Durchschnitt.
I. Als der Strom im Drahte hin und her ging.	20°	22°	$19\frac{1}{2}$°	20° 30′
II. Als der Strom im Drahte hin, in der Erde zurück ging.	33°	$32\frac{1}{2}$°	31°	32° 10′

Bezeichnet man in I. die Gröfse des Ableitungswinkels mit A, den specifischen Leitungswiderstand in der ganzen Kette mit R, die elektromotorische Kraft mit E, ferner die gleichnamigen Gröfsen in II. mit a, r, e, so hat man:

$$\sin a = \frac{e}{r},\ \sin A = \frac{E}{R}$$

und weil $E = e$ ist

$$\frac{\sin . a}{\sin . A} = \frac{R}{r}.$$

Der Leitungswiderstand hängt bekanntlich bei gleicher Temperatur ab von der Natur des Widerstand leistenden Stoffes, von der Länge des Weges, den der Strom in demselben durchläuft, und von dem auf der Stromrichtung senkrechten Querschnitte des Leiters. Ist die Kette sehr lang und der Widerstand im Elektromotor sehr gering, wie dieses in den hier besprochenen Versuchen der Fall war, so kann man vom Leitungswiderstand im Elektromotor ganz absehen und den gesammten Widerstand als von der Drahtleitung und respective von der Erde abhängig betrachten. Nennt man nun die Drahtlänge, welche der elektrische Strom zu durchlaufen hat, wenn er im Drahte hin- und zurückgeht L, jene welche er durchströmt, wenn er blofs im Drahte hinfliefst, aber in der Erde zurückkehrt l, ferner die Entfernung der zwei Stationen, welche zum Versuche ausgewählt werden, in gerader Linie λ, bezeichnet endlich M eine vom specifischen Leitungszustand des Drahtes und von seinem Querschnitte bei der Länge = 1 ab-

hängige Gröfse, m hingegen eine ähnliche für den vom elektrischen Strome durchflossenen Theil des Erdkörpers, so hat man:

$$R = ML, \quad r = Ml + m\lambda;$$

daher

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{ML}{Ml + m\lambda} \text{ und endlich } \frac{M}{m} = \frac{\lambda \sin a}{L \sin A - l \sin a}.$$

Die von Wien nach Gänserndorf gezogene Drahtleitung ist 16100 Kl. lang, ferner ist eine Spirale von einem 0,19 L. dicken, 130 F. langen Kupferdraht eingeschaltet, die demnach denselben Widerstand leistete wie 1 Linie dicker Kupferdraht von 600 Kl. Länge. Es mufs demnach die ganze Drahtleitung bezüglich ihres Leitungswiderstandes mit 16700° Länge angenommen werden. Man hat demnach

$$l = 16700; \quad L = 16700 + 16100 = 32800 \text{ Kl.}$$

Die gerade Entfernung der Station im Nordbahnhofe von der in Gänserndorf beträgt 14800 Kl. $= \lambda$. Wird daher in der letztgenannten Formel

$$A = 20^\circ\, 30' \quad a = 32^\circ\, 10'$$

gesetzt, so erhält man

$$\frac{M}{m} = \frac{14800 \sin(32^\circ\, 10')}{32800 \sin(20^\circ\, 30') - 16700 \sin(32^\circ\, 10')} = 3{,}14.$$

Es ist demnach der Leitungswiderstand eines Kupferdrahtes von der Länge $= 1$ und 1 Linie Dicke 3,14 mal gröfser, als der eines gleich langen vom elektrischen Strome durchflossenen Theiles des Erdkörpers von unbekanntem Querschnitte.

Man wird mir einwenden; dafs der gefundene Zahlenwerth wenigstens in seinen Bruchtheilen nicht genau sey, weil die Ergebnisse der drei Versuche, deren Durchschnittswerth in Rechnung genommen wurde, um $1\frac{1}{2}^\circ$ von diesem Durchschnitt abweichen, und ich erkenne diefs willig an; zu meinem Zwecke würde aber selbst ein Resultat genügend seyn, das noch weniger scharf wäre als das hier erhaltene, weil ich nur darauf ausging, zu ersehen, ob denn wirklich der Widerstand in der Erde so klein sey, dafs er

gegen den im Metallleiter vernachläfsigt werden kann, wie man hie und da behaupten hört; sodann wünschte ich, einen Widerspruch aufzuklären, der zwischen der elektrischen Leitfähigkeit des Erdkörpers und jener seiner uns bekannten Bestandtheile besteht, und endlich wollte ich über den Gang eines elektrischen Stromes im Innern der Erde einige nähere Aufklärung gewinnen.

Das erhaltene numerische Resultat zeigt genügend, dafs der Leitungswiderstand in der Erde nicht gar so unbedeutend sey, als man zu meinen scheint, und wiewohl ich Grund zu haben glaube, annehmen zu dürfen, es werde sich dieser Widerstand bei gröfserer Entfernung der Versuchsstationen verhältnifsmäfsig kleiner darstellen, als er hier gefunden worden, so bleibt er doch immerhin von einer Gröfse, die, dem Widerstande im Drahtleiter gegenüber, nicht zu vernachlässigen ist.

Der Erdkörper, wenigstens der hier ins Spiel gekommene Theil desselben, erscheint als ein Leiter, der, wenn man nicht auf den Querschnitt des Stromkanals sieht, sogar einem gut leitenden Metall, dem Kupfer vorgeht.

Andererseits ist aber bekannt, dafs die Stoffe, aus welchem die uns bekannte Erdrinde besteht, sehr unvollkommene Leiter seyen und an Leitkraft von den Metallen weit übertroffen werden; wir finden uns sogar bestimmt, anzunehmen, dafs das Wasser der bestleitende Theil der Erdrinde sey (einzelne Metalladern können hier nicht in Rechnung kommen, da sie kein Continuum bilden) und wissen doch, dafs destillirtes Wasser ein mehrere Millionenmal schlechterer sey als Kupfer.

Es mufs also die Erde ihre elektrische Leitfähigkeit nicht sowohl der Beschaffenheit, als der Quantität ihrer Masse und eigentlich der Gröfse des Querschnittes, den sie einem Strom darbietet, verdanken.

Dieser Schlufs führt aber wieder zu einer anderen, wie es auf den ersten Blick scheint, mit dem bekannten Gesetz der Bewegung der Elektricität nicht vereinbarlichen Unzukömmlichkeit. Es ist nämlich der Querschnitt, den die Erde

einem in sie eindringenden Strome darbietet, so ungeheuer grofs, dafs selbst, wenn ihre specifische Leitkraft sogar kleiner als die des Wassers wäre, ihr Leitungswiderstand gegen den der Metalldrähte völlig verschwinden müfste, was aber der Entfernung entgegen ist.

Man kann daher nicht umhin anzunehmen, dafs sich ein elektrischer Strom, der in die Erde eindringt, in derselben nicht so ausbreite, wie dieses die Gröfse des Erdkörpers nach dem gewöhnlichen Leitungsgesetze gestatten zu müssen scheint, sondern dafs er sich auf einen, wenn auch bedeutenden doch nur im Verhältnifs zur Gröfse des Erdkörpers unbedeutenden Querschnitt beschränke.

Dieser Ansicht stehen auch die bekannten Leitungsgesetze nicht entgegen. So wie nämlich ein elektrischer Strom an irgend einer Stelle in den Erdkörper übergeht, löset er sich gleichsam in eine unendliche Anzahl divergirender Stromfäden auf, die sich bei der Annäherung an die Stelle, wo die Elektricität die Erde verläfst, wieder in convergirenden Linien sammeln. Nun hat aber nur die Axe dieses Stromkegels, nicht aber der ganze Strom, den kürzesten Weg zwischen der Ein- und Austrittsstelle eingeschlagen und es überwieget die Weglänge der einzelnen Elementarströme die Axe des Stromkegels um so mehr, in einem je gröfseren Querschnitte sich der Strom ergossen hat. Diese Verlängerung des Weges hat aber eine Vergröfserung des Leitungswiderstandes zur Folge und kann demnach nur so weit gehen, bis sie der Erleichterung der elektrischen Strömung, welche sich aus der Vergröfserung des Querschnittes ergiebt, das Gleichgewicht hält.

Man könnte sogar die Gröfse des Querschnittes, dessen Gränzen der Strom nicht überschreitet, berechnen, wenn die specifische Leitkraft der Erde bekannt wäre. Nimmt man diese Leitkraft gleich jener des mit $\frac{1}{20000}$ Salpetersäure versetzten Wasser an, so ergiebt sich das Verhältnifs der Leitkraft der Erde zu jener eines Kupferdrahtes bei gleichen Querschnitten und gleicher Weglänge, wie folgt: Nach Pouillet's Versuchen hat man:

Die specifische Leitkraft des mit $\frac{1}{20,000}$ Salpetersäure versetzten Wassers verhält sich zu jener einer gesättigten Kupfervitriollösung	wie 150 :	10,000
die einer gesättigten Kupfervitriollösung zu jener des Platins . . .	„ 1 :	2,546680
die des Platins zu jener des Kupfers	„ 22 :	100
daher die specifische Leitkraft des angesäuerten Wassers zu jener des Kupfers wie		1 : 771,721212.

Da nun den hier besprochenen Versuchsresultaten zu Folge die elektrische Leitkraft der Erde nicht nur kleiner, als jene des Kupferdrahtes, sondern sogar 3,14 mal grösser ist, so muſs der mittlere Querschnitt des Stromkanals in der Erde $\frac{771721212}{314}$ mal gröſser seyn, als im kupfernen Leiter, mithin 65111 Q. F., d. h. ein Quadrat von 255 F. Seite, oder einen Kreis von 144 F. Radius ausmachen. Die wirkliche Verbreitung des Stromes wird, da er innerhalb der Fläche eines Kegels liegt und nicht in einem prismatisch-cylindrischen Kanal fortgeht, bedeutend gröſser seyn [1]).

Allen diesen Betrachtungen liegt die Annahme zu Grunde, daſs es gestattet sey, sich einen elektrischen Strom wie den einer körperlichen Flüssigkeit vorzustellen, er mag in einer fortschreitenden Bewegung, oder in einer solchen fortbestehen, wo die bewegten Theile die Lage ihres Gleichgewichts nur wenig verlassen, und ich habe geglaubt, hierzu darum berechtigt zu seyn, weil die Aufgabe der Naturforschung nach meiner Ansicht überhaupt darin besteht, Unbekanntes auf den Typus des Bekannten zurückzuführen.

1) Die Schluſsfolgerungen des geehrten Hrn. Verf. dürften indeſs wesentlich dadurch beeinträchtigt werden, daſs die Platten, mittelst welcher der Strom durch die Erde geleitet wird, erfahrungsmäſsig eine Polarisation erleiden. Diese Polarisation möchte wohl den Haupt-Antheil haben an der Schwächung des Stroms beim Durchgang durch die Erde.
P.

VI. *Weitere Versuche über den elektrischen Leitungswiderstand der Erde; von A. Baumgartner.*

(Aus den Sitzungsberichten der K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Juni 1849).

Die weitere Ausdehnung der Doppelleitung an unserer Telegraphen-Linie hat mir Gelegenheit gegeben, die Versuche über den elektrischen Leitungswiderstand des Erdkörpers im Verhältnisse zu dem eines 1 W. L. dicken Kupferdrahtes weiter auszudehnen und ich gebe mir hiermit die Ehre, der Klasse vorzulegen, was ich hierin erfahren habe, und zu welchen Schlüssen ich mich für berechtigt halte.

Bei meinen ersten Versuchen dieser Art stand mir nur die vier Meilen lange Doppelleitung zwischen Wien und Gänserndorf zu Gebote; vor Kurzem ward aber diese Leitung über Gratz hinaus verlängert und mir dadurch, und durch die freundliche Bereitwilligkeit des Hrn. Telegraphendirectors Dr. Gintl die Möglichkeit gegeben, den Leitungswiderstand der Erde auf der nahe 11 Meilen langen Linie zwischen Wien und Gloggnitz und auf der in der Verlängerung derselben liegenden 28 Meilen langen Strecke zwischen Wien und Gratz zu untersuchen.

Ueber die Art und Weise, wie ich diese Versuche anstellte, brauche ich nichts mehr zu erwähnen, da ich mich genau an die Versuchsmethode gehalten habe, welche ich auf der Wien-Gänserndorfer Strecke angewendet und worüber ich der Klasse bereits Bericht erstattet habe; auch der Messapparat für den elektrischen Strom war derselbe, den ich bei den früheren Versuchen gebraucht habe. Der Elektromotor, dessen ich bedurfte, mufste aber kräftiger seyn, als bei meiner früheren Arbeit, weil es sich um viel gröfsere Entfernungen handelte. Ich brauchte daher dieselbe Batterie, welche für kürzere Strecken zum Behufe des Telegraphirens in Anwendung steht.

Wie ich schon erwähnt habe, beziehen sich die Versuche, von denen ich hier Bericht erstatte, auf die Wien-Gloggnitzer und auf die Wien-Gratzer-Strecke. Die Länge des Leitungsdrahtes auf der ersten Strecke ist 10,93 Meilen oder 43720 Klafter, auf der zweiten 27,93 Meilen oder 111,720 K. Kl. Mit Einrechnung des Meſsapparates und der Indicatoren mit ihren 0,19 Linien dicken Drähten, erhält man:

Für die Wien-Gloggnitzer Linie die Drahtlänge, in welcher der Strom hingeht 46536 Kl., jene, in welcher er hin- und wieder zurückgeht 96,904 Kl.

Für die Wien-Gratzer Linie hingegen ist die Drahtlänge, in welcher der Strom hinflieſst 11786 Kl., jene, in welcher er hin- und wieder zurückgeht 242876 Kl.

Die gerade Linie zwischen Wien und Gloggnitz, mithin der Weg, welchen die Axe des elektrischen Stroms in der Erde durchflieſsen muſs, beträgt 35,120 Kl., jene zwischen Wien und Gratz hingegen 74640 Kl.

Die Ablenkung der Magnetnadel, als der Strom im Kupferdrahte von Wien nach Gloggnitz ging und in demselben wieder zurückkehrte, war 20°, als aber der Strom im Drahte hinfloſs und in der Erde zurückkehrte, betrug sie 40°. Dieselben Gröſsen waren bei dem Versuche auf der längeren Strecke zwischen Wien und Gratz 9° und $16\frac{1}{2}$°.

Mittelst dieser Werthe erhält man nach der in meinem früheren Berichte (Maiheft) entwickelten Formel:

1) für die Wien-Gloggnitzer Strecke 6,98
2) für die Wien-Gratzer Strecke . 4,70.

Diese Gröſsen übertreffen jene, welche ich für die Leitungsfähigkeit einer Strecke von der Länge = 1 und einem unbestimmten Querschnitte gegen die in einem gleich langen Kupferdrahte vom Durchmesser einer Wiener Linie auf der Wien-Gänserndorfer Strecke gefunden habe, um ein Bedeutendes, doch führen auch diese zu den Schlüssen, die ich aus den früheren Versuchen über den innern Verlauf der Fortpflanzung der Elektricität im Erdkörper ziehen zu können glaubte; ja die Verschiedenheit der numerischen

Werthe in verschiedenen Stationen, die viel gröfser ist als dafs sie von Beobachtungsfehlern herrühren könnte, da der Ablenkungswinkel bei wiederholten Beobachtungen immer genau von derselben Gröfse erschien, deuten noch bestimmter darauf hin, dafs sich ein elektrischer Strom nicht in der ganzen Erdmasse vertheile, sondern auf einen verhältnifsmäfsig kleinen Theil derselben beschränkt bleibe.

VII. *Enargit, ein neues Mineral aus der Ordnung der Glanze.*

I. Mineralogische Bestimmung nebst Bemerkungen; von August Breithaupt

Hr. Conrad, ein theoretisch und practisch gründlich ausgebildeter Hüttenmann, ist zu Anfang dieses Jahres aus Peru, wo er über 2 Jahre lang thätig war, mit reichen Erfahrungen und Beobachtungen mannigfacher Art nach Freiberg zurückgekehrt. Unter den von ihm mitgebrachten Mineralien fand sich eins, welches ich sogleich für neu und eigenthümlich erkannte. Hrn. Conrad zolle ich für die erhaltenen Proben davon, welche die folgenden Beobachtungen gestatteten, hiermit meinen aufrichtigen Dank.

Dieses Mineral zeigt *metallischen Glanz*, zwar sehr lebhaft, aber nicht ganz vollkommen, nur etwa so, wie der frische Manganit auf den Spaltungsflächen.

Farbe, eisenschwarz, auf den basischen Flächen nicht ganz so dunkel, als auf den prismatischen. *Strich, schwarz.*

Primärform: Brachyaxes rhombisches Pyramidoëder, nach Dimensionen unvollständig bekannt. *Primäres Prisma,* $\infty P = 98^0\ 11'$, noch genauer nach dem Mittel meiner Beobachtungen $98^0\ 10\frac{3}{4}'$. Da die Messungen an Spaltungsgestalten so scharf waren, dafs für einen Fehler von weniger

als einer Minute eingestanden werden kann, so verglich ich den Winkel nach der Progressions-Theorie, man sehe Bd. I. S. 289 meines vollst. Handb. d. Mineralogie, wornach die Substanz hexagonomerisch genommen werden mufs, und siehe da, es ergab sich ein ungemein einfacher Ableitungswerth. Es ist nämlich ein nach $\frac{2}{3}$ Makrodiagonale des schematischen Prisma von 120° abgeleitetes Prisma $=$ 98° 10′ 48″, also ∞P des Enargits $= \frac{2}{3}\,\frac{\overset{4}{\overline{\infty Dh}}}{6}$. — Die wenigen Krystalle, welche bis jetzt bekannt sind, zeigen $0P$; $\infty P \breve{\infty}$; ∞P; $\infty P \bar{\infty}$, und noch Spuren eines secundären Prisma, vielleicht $\infty P \breve{2}$. Die Basis $0P$ ist eben, ∞P vorherrschend, und aus der Coëxistenz der verticalen Gestalten erklärt sich die Längenkerbung der Krystalle. — In den derben Massen grofs- bis grobkörnig *zusammengesetzt*, mit Neigung zum stänglichen. — *Spaltbarkeit*, *primär-prismatisch*, *vollkommen;* brachydiagonal und makrodiagonal, ziemlich deutlich; basisch, undeutlich; primär-pyramidoëdrisch, in Spuren. Bruch, uneben.

Spröde, läfst sich deshalb leicht pulverisiren, leichter als die meisten Glanze.

Härte $= 4$, genau die des Kalkspaths.

Specifisches Gewicht $= 4{,}430$ bis $4{,}445$, nach drei Bestimmungen.

Die ungemein deutliche prismatische Spaltbarkeit ist derartig von keinem andern Gliede der Ordnung der Glanze bekannt, und da sich die Spaltungs-Prismen mit dem Reflexions-Goniometer ebenso leicht als genau messen lassen, so liegt hierin und in dem eigenthümlichen Winkel eine so grofse Auszeichnung, dafs ich deshalb das Mineral mit dem obigen Namen belegte, nach ἐναργής d. h. in die Augen fallend, deutlich. Auch das niedrige specifische Gewicht dient, im Vergleiche mit den ähnlichen Glanzen des rhombischen Krystallisations-Systems, mit zur bequemen Erkennung.

Es kommt der *Enargit* in grofsen derben Massen vor, worin

worin selten kleine Krystall-Drusen erscheinen, und er bricht auf einem Gange in krystallinischem Kalkstein. Der Gang hat keine gleichmäfsige Mächtigkeit, besteht vielmehr aus grofsen linsenförmigen Körpern, welche aber bis drei Lachter mächtig werden. Solche sehr bedeutende Anbrüche enthalten allermeist nur jenes Mineral und die beibrechenden anderen metallischen Mineralien sind Tennantit, Kupferkies und Eisenkies. Von diesen dürfte der Tennantit, welcher das specifische Gewicht 4,369 gab, noch am frequentesten seyn, so, dafs er zum Kupferausbringen mit beiträgt; er ist ferner noch dadurch merkwürdig, dafs er in seinen Combinationen ein neues skalenisches Ikositessaroëder zeigt, welches die Combinations-Kanten zwischen D und $\frac{\frac{1}{2}J}{2}$ mit Parallelismus der neuen Combinations-Kanten abstumpft, welches ich an einem anderen Orte beschreiben werde. Der Eisenkies, meist nur porphyrartig im Enargit inne liegend, ist im frischen Bruche von der schönsten gelben Farbe, welche man von diesem Mineral kennt, reagirt aber auch im Glaskölbchen über der Spiritus-Flamme sehr stark auf Arsen; sein specifisches Gewicht beträgt 4,988. Aufser grünem und blauem Beschlage auf den Klüften des ganzen Gemenges ist an den erhaltenen Stücken keine andere Gangart zu sehen; jedoch giebt Hr. Conrad an, dafs auf dem Gange ein graues bis schwarzes Mineral von muschligem Bruche in Menge einbreche, welches Aehnlichkeit mit Perlstein habe.

Man kann sich übrigens eine Vorstellung von der Frequenz des Enargits machen, wenn man erwägt, dafs in einem einzigen Jahre aus den Ausbrüchen für ungefähr 90000 Thaler Schwarzkupfer mittels Flammöfen ausgeschmolzen worden sind. Deshalb und weil ich günstige Gelegenheit dazu habe, hoffe ich von dem neuen Minerale, so wie von seinen Begleitern noch eine beträchtliche Menge zu bekommen. Der Enargit liefert übrigens den Beweis, dafs wir noch lange nicht alle massenhaft vorkommenden metallisch nutzbaren Mineralien kennen dürften. Der Gang, auf dem er

bricht, heifst *S. Francisco*, der Fundort ist *Morococha* im Bergwerks-Distrikt *Jauli*, über 14000 Fufs hoch, auf den Cordilleren von Peru. In der Nähe werden noch andere Gänge von ganz abweichender Mineralien-Zusammensetzung getroffen.

Schon seit Jahren kenne ich ein Mineral von der Grube *Junge hohe Birke* bei *Freiberg* in prismatisch spaltbaren nadelförmigen Krystallen, dem Enargit täuschend ähnlich, aber die hiesige bergakademische Sammlung besitzt davon zu wenig, um untersucht werden zu können. Es begleitet die Kupferblende und den Kupferkies, jene steht aber bekanntlich dem Tennantit sehr nahe, und diefs erhöht die Wahrscheinlichkeit, dafs jene Kryställchen Enargit seyen. Auch kommt auf derselben Grube Tennantit vor.

Hr. Conrad hatte für technische Zwecke den Enargit chemisch untersucht und als Hauptbestandtheile Kupfer, Arsen und Schwefel erkannt. Der Silbergehalt aber beschränkte sich auf ein Paar Pfundtheile.

II. Chemische Untersuchung des Enargit's von Morococha in Peru; von C. F. Plattner.

Qualitative Untersuchung.

In einer an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre erhitzt, decrepitirt das Mineral ziemlich heftig und giebt schon bei ganz schwacher Hitze ein Sublimat von Schwefel; bei stärkerer Hitze schmilzt es, noch ehe es zum Glühen kommt, zur Kugel, und das Sublimat vermehrt sich durch Schwefelarsen, welches unter der Abkühlung eine blafs gelbrothe Farbe annimmt.

In einer an beiden Enden offenen Glasröhre schwach erhitzt, giebt das Pulver des Minerals schweflige Säuren, welche letztere mit Antimonoxyd und antimonsaurem Antimonoxyd gemengt ist.

Auf Kohle schmilzt das gepülverte Mineral unter Abgabe von Schwefelarsen sehr leicht zur Kugel, wobei sich schwache Beschläge von arseniger Säure, Antimonoxyd und

Zinkoxyd bilden. Wird die zurückbleibende Kugel gepülvert und das Pulver auf Kohle abgeröstet, so erhält man ein schwarzes glanzloses Oxyd, welches mit Borax auf Platindraht geprüft nur auf Kupfer reagirt; wird aber die Glasperle fast übersättigt und hierauf auf Kohle so lange im Reductionsfeuer behandelt, bis das Kupfer metallisch ausgefällt ist, so bleibt ein geringer Gehalt an Eisen zurück, der sich durch die grünliche Farbe des mit der Reductionsflamme behandelten Boraxglases sowohl, als auch dadurch zu erkennen giebt, dafs die Glasperle, wenn sie auf Platindraht im Oxydationsfeuer umgeschmolzen wird, eine gelbe Farbe annimmt.

Aetzkali zieht aus dem fein gepülverten Minerale Schwefelarsen und Schwefelantimon aus, welche durch Zusatz einer Säure mit citrongelber, ins Orange geneigter Farbe ausgefällt werden.

Das Mineral besteht demnach hauptsächlich aus Schwefelkupfer und Schwefelarsen mit geringen Mengen von Schwefeleisen, Schwefelzink und Schwefelantimon.

Quantitative Bestimmung der einzelnen Bestandtheile.

2,108 Grm. des feingepülverten, völlig trocknen Minerals wurden durch Chlorgas zerlegt.

Nach Entfernung des freien Chlors aus der, die flüchtigen Chloride enthaltenden, Flüssigkeit wurde zunächst die geringe Menge freien Schwefels auf einem gewogenen Filtrum gesammelt und aus der Flüssigkeit die Schwefelsäure durch eine Auflösung von Chlorbaryum ausgeschieden; auch wurde der erhaltene schwefelsaure Baryt nach dem Trocknen und Glühen nochmals mit Chlorwasserstoffsäure behandelt und abermals geglüht. Aus dem Gewicht des schwefelsauren Baryts und des freien Schwefels ergab sich für das Mineral ein Gehalt von 32,180 Proc. Schwefel. Da dieser Schwefelgehalt ungewöhnlich hoch erschien, so wurde noch eine andere Menge des Minerals zur Controle auf ihren Gehalt an Schwefel untersucht und zwar durch Behandlung mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali in der

Wärme, und Ausfällung der gebildeten Schwefelsäure und Chlorbaryum etc. Dabei stellte sich ein Gehalt von 32,265 Procent Schwefel heraus, so dafs also in dem Minerale durchschnittlich 32,222 Procent Schwefel angenommen werden können.

Nachdem der zur Auflösung der flüchtigen Chloride im geringen Ueberschufs zugesetzte Baryt durch verdünnte Schwefelsäure entfernt worden war, wurden Arsen und Antimon durch Schwefelwasserstoffgas ausgeschieden. Die gefällten Schwefelmetalle wurden, nach Ausscheidung der noch aufgelösten Theile in der Wärme, auf einem gewogenen Filtrum gesammelt, vollständig ausgewaschen und anfangs bei niedriger, später aber bei einer Temperatur von 120° C. getrocknet. Nach erfolgter Gewichtsbestimmung wurde ein Theil dieser Schwefelmetalle auf ihren Gehalt an Schwefel wie gewöhnlich, und ein anderer auf den Gehalt an Antimon durch Behandlung mit Wasserstoffgas in einer Kugelröhre untersucht, wobei sich ergab, dafs das Mineral 17,599 Proc. Arsen und 1,633 Proc. Antimon hält.

Die von den Schwefelmetallen des Arsens und Antimons abfiltrirte Flüssigkeit wurde durch langsames Abdampfen bedeutend vermindert und einstweilen bei Seite gestellt.

Die bei der Behandlung des Minerals mit Chlorgas in der Kugelröhre zurückgebliebenen, nicht flüchtigen Chlormetalle wurden in Wasser gelöst, dem ein wenig Chlorwasserstoffsäure zugesetzt worden war. Aus dieser Auflösung, welche sich, bis auf Spuren von Chlorsilber, frei von unauflöslichen Theilen zeigte, wurde das Kupfer durch Schwefelwasserstoffgas als Schwefelkupfer ausgefällt. Zur Ueberzeugung, ob dasselbe vollkommen frei von Blei sey, wurde seine Auflösung, nach Zusatz von Schwefelsäure, zur Trockniſs abgedampft. Da sich hierauf die trockne Salzmasse aber vollständig in Wasser auflöste, woraus hervorging, dafs ein Gehalt an Blei nicht vorhanden war, so wurde das in Auflösung befindliche Kupfer durch eine Auf-

lösung von Aetzkali ausgefällt. Aus dem Gewicht des geglühten Oxydes wurde der Betrag an metallischen Kupfer berechnet und derselbe zu 47,205 Proc. gefunden.

Die vom Schwefelkupfer abfiltrirte Flüssigkeit wurde so lange erwärmt, bis der Geruch nach Schwefelwasserstoffgas verschwunden war; hierauf wurde sie, nachdem auch die sich ausgeschiedenen Schwefeltheilchen durch Filtration entfernt waren, mit der zur Seite gestellten Flüssigkeit, aus welcher die flüchtigen Chloride geschieden worden waren, vereinigt und ziemlich weit abgedampft. Die saure Flüssigkeit, welche auch Weinsteinsäure enthielt, wurde mit Ammoniak im geringen Ueberschufs, und hierauf mit Ammoniumsulfhydrat versetzt; es entstand ein Niederschlag von Schwefeleisen mit Schwefelzink, welcher auf bekannte Weise zerlegt, 0,565 Proc. Eisen und 0,228 Proc. Zink lieferte.

Eine besondere Probe auf Silber vor dem Löthrohre wies auch noch einen Gehalt von 0,017 Proc. Silber nach.

Das Mineral besteht demnach in 100 Gewichtstheilen aus:

Schwefel	32,222	Theilen
Arsen	17,599	„
Antimon	1,613	„
Kupfer	47,205	„
Eisen	0,565	„
Zink	0,228	„
Silber	0,017	„
	99,449.	

Diese Bestandtheile beweisen, dafs der Enargit hauptsächlich aus einer Verbindung von Schwefelkupfer und Schwefelarsen besteht, dafs aber ein Theil des Kupfers durch Eisen, Zink und Silber, und ein Theil des Arsens durch Antimon ersetzt ist.

Sucht man durch Berechnung auf, wie sich die Anzahl der Atome von den aufgefundenen Bestandtheilen, mit Ausschlufs der höchst geringen Menge von Silber, zu einander verhalten, so findet man folgendes Verhältnifs:

S	As	Sb	Cu	Fe	Zn	
1605 :	185 :	10	1193 :	16 :	5,	oder
1605 :	197	:	1214,			oder sehr nahe
8 :	1	:	6.			

Nimmt man an, dafs das Kupfer als Schwefelkupfer mit Dreifach-Schwefelarsen verbunden sey, wie diefs z. B. beim Tennantit der Fall ist, welchem Mineral der Enargit in Bezug auf seine Bestandtheile am nächsten steht, so stellt sich, wenn man die geringen Mengen von Antimon, Eisen und Zink als substituirende Bestandtheile betrachtet, die Formel $\acute{C}u^8 \overset{\prime\prime\prime}{A}s + \acute{C}u^2 \overset{\prime\prime\prime}{A}s$ heraus, welche voraussetzt, dafs 8 Atome Einfach-Schwefelkupfer mit 1 Atome Dreifach-Schwefelarsen, und 2 Atome Halbschwefelkupfer mit 1 Atome Dreifach-Schwefelarsen verbunden seyen; allein eine solche Zusammensetzung ist wohl schwerlich anzunehmen.

Ganz anders gestaltet sich die Formel, wenn man annimmt, dafs das Kupfer als Halbschwefelkupfer mit Fünffach-Schwefelarsen verbunden sey. Berücksichtigt man, mit Ausnahme der sehr geringen Menge von Silber, alle übrigen Bestandtheile des Minerals, so ergiebt sich die Formel $(\acute{C}u, \acute{F}e, \acute{Z}n)^3 (\overset{\prime\prime\prime\prime\prime}{A}s, \overset{\prime\prime\prime\prime\prime}{S}b)$; und betrachtet man die geringen Mengen von $\acute{F}e$, $\acute{Z}n$ und $\overset{\prime\prime\prime\prime\prime}{S}b$ als Stellvertreter der an den Hauptbestandtheilen fehlenden Mengen, so stellt sich die sehr einfache Formel $\acute{C}u^3 \overset{\prime\prime\prime\prime\prime}{A}s$ (in früherer Formulirung $\acute{C}u^3 \overset{\prime\prime\prime\prime}{A}s$) heraus, welche andeutet, dafs das Mineral als drittelsaures Fünffachschwefelarsen-Halbschwefelkupfer zu betrachten sey und folgende Zusammensetzung voraussetze:

Schwefel	8	Atome	= 1606,00	= 32,641
Arsen	1	„	= 940,08	= 19,106
Kupfer	6	„	= 2374,14	= 48,253
			4920,22	100.

Da nun bisjetzt, aufser dem Xanthokon, weiter kein Mineral bekannt gewesen ist, in welchem eine Verbindung eines basischen Schwefelmetalles mit Fünffach-Schwefelarsen

hätte angenommen werden können, indem die andern wenigen natürlich vorkommenden Schwefelarsenmetalle aus Verbindungen von basischen Schwefelmetallen und Dreifach-Schwefelarsen bestehen, auch da, wo Schwefelkupfer als basisches Schwefelmetall auftritt, sich dasselbe ebenfalls nur als Halb-Schwefelkupfer in der Verbindung befindet, so dürfte der Enargit einen Beweis liefern; dafs in der Natur nicht nur Fünffach-Schwefelarsenmetalle überhaupt vorkommen können, sondern dafs auch das Halb-Schwefelkupfer geneigt sey, sich mit Fünffach-Schwefelarsen zu einem Schwefelsalz zu verbinden, worüber bis jetzt noch zu wenig Erfahrungen gemacht worden sind.

VIII. *Carminspath, ein neues Mineral aus der Ordnung der Arseniate; von F. Sandberger.*

Seit längerer Zeit war mir an Stücken des Würfelerz- (Beudantit-) Vorkommens von Horhausen im Sayn'schen ein rothes Mineral aufgefallen, ohne dafs ich aber wegen der aufserordentlich geringen Mengen, die mir davon zu Gebote standen, genauere Untersuchungen damit hätte vornehmen können. Endlich fand ich es in dem meiner Leitung anvertrauten naturhistorischen Museum zu Wiesbaden an zwei, früher von Hrn. Erbreich erkauften Stufen in hinreichender Quantität, um dessen Hauptcharakter festzustellen, welche ich hier mittheile.

Krystallform nicht deutlich erkennbar, wahrscheinlich rhombisch. Feine Nadeln zu Büscheln vereinigt, traubige und kugelige Aggregate von strahliger Textur.

Blätterdurchgang anscheinend parallel den Flächen einer rhombischen Säule.

Glasglanz auf den Spaltungsflächen in Perlmutterglanz übergehend. Stark durchscheinend.

Farbe carminroth ins Ziegelrothe, Pulver röthlichgelb. Spröde. Härte zwischen Steinsalz und Kalkspath, 2,5.

Vor dem Löthrohre auf Kohle für sich unter starker Entwickelung von Arsenikdämpfen sehr leicht zu einer stahlgrauen Schlacke schmelzend. Mit Soda erhält man Bleikörner, die Boraxperle zeigt starke Färbung durch Eisen. Im Kölbchen über der Spirituslampe geglüht, veränderte sich die Substanz selbst im stärksten Feuer nicht.

In concentrirter Salzsäure beim Erwärmen sehr leicht löslich zu einer goldgelben Flüssigkeit, in welcher Goldchlorid keine Abscheidung von metallischem Golde bewirkt; in Salpetersäure löslich. Durch Aetzkalilösung wird Arseniksäure ausgezogen.

Da sich andere Bestandtheile weder vor dem Löthrohre, noch auf nassem Wege ermitteln liefsen, so besteht das Mineral aus wasserfreiem arseniksauren Bleioxyd-Eisenoxyd, über deren quantitatives Verhältnifs eine Analyse entscheiden wird, wenn sich dazu hinreichendes Material findet.

Das Mineral sitzt auf Quarz, Brauneisenstein oder Würfelerz auf und wird begleitet von nadel- und haarförmigem Pyrolusit, wasserhellem arseniksaurem Bleioxyd und einer gelben erdigen Substanz, welche noch näherer Untersuchung bedarf.

Von dem arseniksauren Bleioxyd, welches ich zuerst in der Combination $\infty D. D.$ auffand, habe ich an einem anderen Orte [1]) bereits Mittheilung gemacht. Seitdem ist mir auch die Form $\infty D. D. 0D$ an demselben vorgekommen, und hinsichtlich seiner Entstehung sehr wahrscheinlich geworden, dafs der metallglänzende Kern, welche die erwähnte gelbe Substanz zuweilen umhüllt, ein Geokronit-ähnliches Schwefelmetall seyn möge, welches den Blei- und Arsenikgehalt zur Bildung der hier vorkommenden Mineralien hergegeben haben würde.

1) Verhandlungen des naturhistorischen Vereins für die preufsischen Rheinlande 1849. S. 60.

IX. *Untersuchung einiger Mineralien; von Dr. C. Bergemann.*

I. Ueber den Dechenit (vanadinsaures Bleioxyd).

Hr. Dr. Krantz fand bei Nieder-Schlettenbach ein Mineral auf, welches in seinem Aeufseren schon sich wesentlich von allen bekannten unterscheidet. Es besitzt an einem vorliegengen ausgezeichneten Exemplare von krystallinischer Beschaffenheit, die meiste Aehnlichkeit mit dem sibirischen Rothbleierze. Bei den vorgenommenen Löthrohrversuchen gab sich die Gegenwart des Bleis auch zu erkennen, jedoch bei der späteren Untersuchung fand ich dieses mit Vanadinsäure allein verbunden. Für dieses neue Mineral erlaube ich mir den Namen Dechenit, nach dem um die Wissenschaft hochverdienten Berghauptmann von Dechen, in Vorschlag zu bringen. Ueber das Vorkommen des Erzes theilt Dr. Krantz folgende Angaben mit:

„Im Lauterthale in Rheinbaiern, 2 Stunden oberhalb der französischen Gränze (Weifsenburg), bei Nieder-Schlettenbach, werden seit längerer Zeit schon Gruben betrieben, welche Lager, in hier sehr verbreitetem buntem Sandstein, von Braun- und Thoneisenstein für den Hüttenbetrieb in Schönau abbauen. In der Nähe davon und zwar auf der Höhe des etwa 500 Fufs ansteigenden rechten Ufers, entdeckte man im vorigen Jahren schmale Trümmer von Bleiglanz zu Tage ausgehend, die einen im Mittel 3 Fufs breiten Gang sparsam durchsetzten; der Gang selbst bestand zum gröfsten Theile aus einer Breccie von Nebengestein, (buntem Sandstein), der Letten und Thon von röthlicher und weifslicher Farbe zum Bindemittel diente. Einzelne Theile des Sandsteins bekunden durch ihre specifische Schwere, dafs sie mehr oder weniger mit metallischen Theilen erfüllt sind; sie haben meist eine weifse Farbe und enthalten koh-

lensaures und phosphorsaures Blei. Auf dem Gang wurde bereits ein 3 Lachter tiefer Schacht abgeteuft und auf der halben Höhe des Thalgehänges ein gegenwärtig 30 Lachter herumgehender Stollen aufgefahren, der aber noch 250 Lachter fortgeführt werden mufs, wenn er den Schacht erreichen soll. Das Erz selbst ist keineswegs in der Menge vorhanden, dafs die Kosten des Abbaues herauskommen möchten, wenngleich das Gestein so mürbe ist, dafs 29 von den 30 Lachter mit der Hand gelöst werden konnten und Zimmerei und Mauerei noch nirgends nöthig wurde. Das Streichen des Ganges ist Stunde 6, sein Einfallen fast seiger. Auf dem gegenüber liegenden Ufer der Höhe des Erlebacher Berges ist derselbe Gang bis zu 2 Lachter aufgeschürft worden und hier fanden sich im röthlichen Letten, welcher die Bleierde haltenden Sandsteinparthien einschlofs, die schmalen Trümmer der Dechenits, welche sich zuweilen zu kleinen Drusen erweitern, die aber selten einen Durchmesser von 1 bis 2" erreichen. Das Auftreten ist aber auch hier gleich dem ihm am nächsten stehenden Vorkommnissen bei Wanlockhead, Beresowsk und Zimapan so äufserst sparsam, dafs ich im Juni 1850 den Fundort nur mit sehr geringer Ausbeute verliefs".

Das Mineral bildet meistentheils kleine traubenförmige Anhäufungen von krystallinischer Beschaffenheit, die zu grofsen und dichten Massen innig vereinigt sind, und besitzt in diesem Falle eine meist reine, dunkelrothe Farbe. Es findet sich ferner in dünnen und oft gebogenen Lagen, gleichsam Schalen, oder auch förmliche Höhlungen und den Ueberzug verwitterter Massen bildend. In diesem Falle stellen die einzelnen Lagen eine innige Vereinigung kleiner, warzenförmiger Körper dar, die den Charakter einer Umsetzung schon an sich tragen. Einzelne Körnchen in diesem Vorkommen erinnern an das Vanadinblei von Zimapan, oder an die kleinen Kügelchen, in welchen ein ähnliches Mineral zu Wanlokhead als eine Seltenheit früher gefunden wurde. Einschlüsse von Grünbleierz oder anderen Erzen habe ich an den gröfseren krystallinischen Stücken nirgends

bemerken können; an den dünnen Lagen dagegen und in den Höhlungen zeigen sich durch die Lupe zuweilen gelblichgrüne Punkte, welche vielleicht auf ein Zersetzungsproduct deuten dürften. Bei einem schönen gröfseren Exemplar von durchweg homogener Beschaffenheit waren die traubenförmigen Gestalten so länglich, fast pyramidenförmig gezogen, dafs sie bei oberflächlicher Betrachtung ausgebildeten Krystallen glichen, jedoch bei genauerer Untersuchung verschwanden diese und bildeten eine Anhäufung von krystallinischen Theilen, deren Oberfläche gleichsam wie angefressen erschien. Ein bestimmter Blätterdurchgang, der einem Rhomboëder zu entsprechen scheint, ist an gröfseren Stücken unverkennbar, jedoch eine nähere Bestimmung wage ich nicht auszusprechen, zweifle übrigens nicht, dafs durch die Bemühungen des Hrn. Dr. Krantz mefsbare Krystalle werden aufgefunden werden.

Die Farbe des Minerals ist bei den krystallinischen Stücken ein dunkles Roth, an den durch warzenförmige Körperchen gebildeten Lagen und in deren Höhlungen dagegen mehr gelblich; im Strich erscheint es immer gelblich. Die Gegenwart von Eisen hat auf die rothe Farbe des Minerals keinen Einflufs, denn dieselbe zeigt sich auch vollkommen gleichförmig im frischen Bruche; auch in den Auflösungen des reinen Dechenits war kein Eisen zu entdecken. Uebrigens ist das Mineral von einem sehr eisenschüssigen, dunkelrothen Thon ganz umgeben, der sich jedoch durch Behandlung mit Wasser vollständig entfernen läfst. Bei der rothen Farbe besitzt der Dechenit Durchscheinenheit und im frischen Bruche Fettglanz; das specifische Gewicht beträgt 5,81, die Härte ist die des Grünbleierzes oder kaum $= 4$.

Für sich in der Pincette erhitzt, schmilzt es leicht zu einem gelblichen Glase; ebenso verhält es sich beim Erhitzen in einer Glasröhre, ohne dabei Wasser oder einen Beschlag zu erkennen zu geben.

Vor dem Löthrohre auf der Kohle decrepitirt es nicht wie die bekannten Vanadinerze; es schmilzt leicht zur gelb-

lichgrünen Perle, indem sich Bleikörnchen und ein Beschlag unter den gewöhnlichen Erscheinungen absetzen. An mehren Proben nahm ich dabei zuweilen einen nicht unbedeutenden Arsenikgeruch wahr; bei anderen dagegen fehlte er, so namentlich bei den reineren, durchscheinenderen Bruchstücken. Arsenikverbindungen sind daher wohl nicht als wesentliche Bestandstheile des Minerals zu betrachten, wenn dasselbe auch häufig von diesen begleitet wird. Phosphorsäure war weder durch das Löthrohr, noch in den Auflösungen, selbst bei Anwendung des molybdänsauren Ammoniaks, zu entdecken. Phosphorsalz und Borax zeigten bei dem Zusammenschmelzen nur die Erscheinungen, welche die Gegenwart der Vanadinsäure charakterisiren, die durch den reducirenden Theil der Flamme hervorgebrachten grünen Gläser werden durch den äufseren Theil gelb und bei der Benutzung von wenig Masse fast farblos. Soda liefert einen weifsen Email, in dem sich Bleikörnchen zeigen.

In den mit Sorgfalt ausgewählten Bruchstücken sowohl der rothen, wie der gelblichrothen Modificationen des Minerals ergab die qualitative Analyse nur Bleioxyd und Vanadinsäure. Phosphorsäure fand ich durch molybdänsaures Ammoniak nur in einem kleinen Brüchstücke von gelber Farbe, worin zugleich viel Eisen- und Thonerde enthalten war; in den reineren Exemplaren war sie nicht vorhanden. Chlor zeigte sich nirgends in der geringsten Menge. Durch diese Zusammensetzung ist das Mineral ganz von der des Vanadinbleies von Zimapan, welches nach **Berzelius**[1]) $\dot{Pb}\dddot{V}PbCl+\dot{Pb}$ darstellt, verschieden und ebenso dürften die Massen, welche **Damour**[2]) und **Thomson**[3]) untersucht haben, nur Gemenge dieser Verbindung von Chlorblei und vanadinsaurem Bleioxyd mit den anderen von

1) S. dessen Anwendung des Löthrohrs S. 225. — Hier beschreibt **Berzelius** das Verhalten eines vanadinsauren Bleioxyds von Metlock, über welches ich andere Mittheilungen nicht finden konnte, dessen Verhalten aber ganz von dem oben angegebenen abweicht.

2) *Ann. des Mines* 3ème *Ser. XI.* 161.

3) *Outlines of min. I.* 574; **Schweigger's** Journ. LXIII. 119.

ihnen aufgefundenen Stoffen, Kupferoxyd, Zinkoxyd u. s. w. seyn. Vielleicht stimmt dasselbe aber mit dem überein, welches G. Rose [1]) bei Gelegenheit der Beschreibung eines Vanadinerzes von Beresowsk erwähnt, in welchem Berzelius ein zweifach vanadinsaures Bleioxyd vermuthet. Wenn an dem sibirischen Erze Grünbleierz eine Umsetzung erlitten hat, so dürfte hier vielleicht Arsenikbleispath an der Bildung grofsen Antheil gehabt haben [2]).

Der Dechenit wird von verdünnter Salpetersäure leicht gelöst; Chlorwasserstoffsäure zersetzt ihn unter Abscheidung von Chlorblei, indem die darüber stehende Flüssigkeit sich grün und bei Verdünnung mit Wasser sich bräunlich färbt. Schwefelsäure zerlegt ihn ebenfalls, indem sich schwefelsaures Bleioxyd abscheidet. Durch Kochen mit Kali wird er fast gar nicht angegriffen. Durch die quantitative Bestimmung des Bleis würde die Zusammensetzung des Minerals gegeben seyn, da es aber mein Wunsch war, in diesem neuen Erze die Menge der Säure nicht allein durch Rechnung zu finden, sondern dieselbe wirklich abzuscheiden, so versuchte ich das Blei aus der verdünnten salpetersauren Auflösung durch Schwefelammonium zu fällen und durch längeres Digeriren mit einem Ueberschufs von diesem die Vanadinsäure wieder aufzulösen. Ich fand jedoch, dafs eine vollständige Trennung dadurch nicht möglich war, selbst wenn das Aussüfswasser stets mit einer gröfseren Menge des vollkommen gesättigten Schwefelammoniums versetzt wurde. Aus diesem Grunde zog ich es vor, aus einer salpetersauren Auflösung das Blei durch Schwefelsäure zu fällen, das Ganze längere Zeit zu digeriren, darauf Weingeist demselben beizugeben und nun zu filtriren. Das so erhaltene

1) Poggend. Ann. Bd. 29, S. 455.

2) Mit dem eisenschüssigen Thon, welcher das Mineral umgiebt, stellte ich ebenfalls einige Versuche an und fand darin die Hauptbestandtheile desselben gemengt mit ein wenig einer Arsenikverbindung, Bleioxyd und Vanadinsäure, offenbar Zersetzungsproducte dieses und anderer im Gange vorkommender Erze. Phosphorsäure enthielt der Thon ebenso wenig wie Chlorverbindungen.

schwefelsaure Bleioxyd war selbst nach starkem Erhitzen von blendendweifser Farbe und alle Versuche, welche mit ihm vorgenommen wurden, zeigten, dafs es frei von Vanadinsäure war. Wird jedoch der Niederschlag nicht mit der, freie Schwefelsäure enthaltenden, Flüssigkeit anhaltend digerirt, so kann dadurch, wie Berzelius schon angiebt, die Vanadinsäure nicht vollständig von Blei und nicht einmal vom Baryt getrennt werden[1]). Da nach der Angabe von Berzelius[2]) die Schwefelsäure vollständig von der Vanadinsäure durch Verflüchtigung zu trennen seyn soll, so glaubte ich durch Eindampfen sämmtlicher nach der Trennung des schwefelsauren Bleioxydes erhaltenen Flüssigkeiten einen Rückstand zu bekommen, der, nach stärkerem Erhitzen, nur aus Vanadinsäure bestehen müsse, welche sich bei dem Eindampfen aus den durch die Einwirkung des Weingeistes entstandenen niederen Oxydationsstufen, nach Zusatz einiger Tropfen Salpetersäure, wieder gebildet hatte. Der so erhaltene Rückstand hatte auch bei zwei Versuchen ganz das Ansehen der reinen Säure, jedoch erhielt ich bei der Berechnung der Resultate der Analyse einen Ueberschufs. Bei der näheren Untersuchung der abgeschiedenen Vanadinsäure fand sich aber, dafs dieselbe noch Schwefelsäure enthielt, welche also aus der von Berzelius beschriebenen Verbindung der beiden Säuren selbst durch Glühhitze nicht vollständig zu entfernen ist. Sie mufste daher durch ein wenig salpetersauren Baryt geschieden werden. Die Gewichtsmenge der Schwefelsäure in dem schwefelsauren Baryt wurde von der zuerst erhaltenen Vanadinsäure abgezogen, wodurch also die Menge der reinen Säure gegeben war. Um den überschüssig hinzugesetzten Baryt wieder zu trennen, wurde die concentrirte Flüssigkeit mit ein wenig Ammoniak und kohlensaurem Ammoniak versetzt und die sich abscheidenden wenigen Flocken von kohlensaurem Baryt abfiltrirt. Die Flüssigkeit wurde zur Trockne verdampft und die nach starkem

1) S. d. Ann. Bd. 22, S. 61.

2) Ebend. S. 18.

Erhitzen hinterbleibende Vanadinsäure durch das Gewicht bestimmt, wobei sich eine Uebereinstimmung mit dem durch Berechnung erhaltenen Resultat, nach Abzug der Gewichtsmenge der Schwefelsäure, fand.

Bei einer Analyse trennte ich die zurückgehaltenen Theile von Schwefelsäure in Verbindung von Vanadinsäure und jener dadurch, dafs ich die Masse mit einigen Tropfen Ammoniak digerirte, wiederum eindampfte und stark erhitzte, worauf nur Vanadinsäure hinterblieb [1])

I.

Das dunkelrothe, durchscheinende und krystallinische Mineral zeigte folgende Zusammensetzung:

1.

a. 1,005 Grm. Mineral lieferten 0,723 Grm. schwefelsaures Bleioxyd oder 0,538 Grm. Bleioxyd;

b. an Vanadinsäure 0,474 Grm.

2.

a. 1,772 Grm. Mineral lieferten 1,294 Grm. schwefelsaures Bleioxyd, enthaltend 0,9518 Grm. Bleioxyd;

b. an Vanadinsäure 0,816 Grm; oder

	1.	2.
Bleioxyd	52,915 Proc.	53,717 Proc.
Vanadinsäure	47,164 -	46,101 -
	100,079 Proc.	99,818 Proc.

1) Die Bestimmung der Vanadinsäure als solche schien mir, wenn die Erhitzung derselben mit Vorsicht vorgenommen wurde, ein genügenderes Resultat zu geben, als wenn die Menge der Säure, welche so leicht zu reduciren ist, aus der des Oxydhydrates bestimmt wurde. Bei einem Versuche, beim Glühen der Säure mit ein wenig Salmiak, erhielt ich einen aus Oxyd und Suboxyd bestehenden Rücktand. Derselbe bildet sich zuweilen auch wenn Vanadinsäure durch viel Oxalsäure, Zucker u. dgl. reducirt und die Auflösung mit einem Ueberschufs von reinen oder kohlensauren Alkalien behandelt wird. Beim Sieden färbt sich die braune Flüssigkeit zuweilen plötzlich durch Bildung eines Niederschlages schwarz, welcher ebenfalls ein solches Gemenge darstellt, und, abfiltrirt, ausgesüfst und getrocknet, einen halbmetallischen Glanz zeigt.

Nach diesen Resultaten würde das Sauerstoffverhältniſs in Basis und Säure fast seyn wie 1:3, und der Berechnung nach ist die Zusammensetzung des Minerals:

1 At.	Bleioxyd	1394,50 =	54,67
1 -	Vanadinsäure	1155,84 =	45,33
		2550,34 =	100,00,

wonach es also ein neutrales vanadinsaures Bleioxyd $\dot{Pb}\dddot{V}$ bilden würde.

II.

Die Untersuchung der in kleinen warzenförmigen, zerfressenen Körnchen vorkommenden Abänderung des Minerals von mehr ins Gelbliche gehender Farbe gab folgendes Resultat:

a. 1,104 Grm. lieferten 0,757 Grm. schwefelsaures Bleioxyd oder 0,5583 Bleioxyd;

b. an Vanadinsäure 0,546 Grm. oder

Bleioxyd	50,57 Proc.
Vanadinsäure	49,27 -
	99,84.

II. Gelbbleierz aus der Grube Azulaques bei la Blanca (Zacatecas).

Ueber das Vorkommen dieses Bleierzes, so wie der Bleiverbindung, welche Gegenstand der folgenden Untersuchung ist, finden sich vollständige Mittheilungen in Burkart's Reisen in Mexiko Bd. II. S. 167.

Das Material zur Analyse, welches ich der Güte des Hrn. Verfassers verdanke, bildet die dort beschriebenen, tafelförmigen, fast durchsichtigen Krystalle von lichtgelber Farbe mit so ausgezeichnetem Glanze.

Dieselben decrepitiren bei dem Erhitzen in einem Glasrohre stark, ohne zu schmelzen; vor dem Löthrohre auf der Kohle geben sie Bleikörner und Bleibeschlag; beim Zusammenschmelzen derselben mit Soda wurde kein grünes Glas gebildet, sondern nur Blei metallisch abgeschieden; auch Borax und Phosphorsalz zeigten das gewöhnliche Verhalten.

Die

Die qualitative Analyse zeigte in diesem Gelbbleierz nur die Gegenwart der Molybdänsäure und des Bleioxyds.

Das fein gepülverte Mineral wurde mit Salpetersäure und Wasser behandelt, wobei unter Auflösung des Bleioxyds neue Ausscheidung der Molybdänsäure mit Salpetersäure erfolgte. Das Ganze wurde darauf mit Ammoniak und Schwefelammonium im Ueberschufs versetzt und längere Zeit in einer wohlverschlossenen Flasche digerirt. Das entstandene Schwefelblei wurde abfiltrirt und weiter bestimmt und das Oxyd aus der Menge des erhaltenen schwefelsauren Salzes berechnet. Der Gehalt an Molybdänsäure wurde nicht direct ermittelt, sondern nur durch Rechnung gefunden. 2,0 Grm. Gelbbleierz gaben 1,696 Grm. schwefelsaures Bleioxyd oder 1,247 Grm. Oxyd. Die Menge der Molybdänsäure beträgt darnach 0,753 Grm. Die Zusammensetzung ist daher:

Bleioxyd	62,35	Proc.
Molybdänsäure	37,65	-
	100,00.	

Die Resultate dieser Analyse lieferten also eine Bestätigung für die Ansicht, dafs das Gelbbleierz aus gleichen Atomen Basis und Säure besteht, indem diese Zahlen den durch Berechnung erhaltenen, bei dieser Annahme, nahe kommen.

III. Arseniksaures Blei von demselben Fundorte.

Das untersuchte molybdänsaure Bleioxyd ist gleichsam von einem Netzwerk kleiner Krystallnadeln umschlossen, die ebenfalls eine reingelbe, fast mit der des Gelbbleierzes übereinkommende Farbe besitzen; nur fehlt ihnen Durchscheinenheit und der eigenthümliche Glanz. Durch die Lupe betrachtet geben sich diese Nadeln als eine Anhäufung kleiner Säulen mit verschiedenen Endflächen bekleidet zu erkennen, durch welche dasselbe sich als ein Grünbleierz charakterisirt.

Vor dem Löthrohr auf der Kohle für sich oder mit Flufsmitteln behandelt, zeigten die Krystalle die bekannten Erscheinungen derjenigen Varietäten des Grünbleierzes,

welche neben der Phosphorsäure noch Arseniksäure enthalten. Nur erschien mir der Arsenikgeruch dabei von ungewöhnlicher Stärke.

Bei einer qualitativen Analyse zeigte sich aber, dafs diese Masse aufser dem Blei nur noch Arseniksäure und Chlor enthielt; sie stellte also den Arsenikbleispath im reinsten Zustande dar. Von Phosphorsäure, oft der Hauptbestandtheil des Minerals, und selbst in dem schönen Arsenikbleispath von Johann-Georgenstadt nicht fehlend, fand sich in den kleinen Krystallen der meisten Exemplare, welche ich zu prüfen Gelegenheit hatte, auch nicht eine Spur, während eine geringe Beimischung an anderen nur durch molybdänsaures Ammoniak nachzuweisen war.

Da hier eine so vollständige Vertretung der Phosphorsäure durch Arseniksäure stattfindet, so führte ich eine quantitative Analyse des Minerals mit den ausgewählten kleinen Krystallen aus. Das Mineral wurde durch verdünnte Salpetersäure gelöst und das Blei durch Schwefelsäure gefällt, mit Weingeist und Wasser ausgesüfst und als schwefelsaures Bleioxyd bestimmt. Das Chlor wurde aus der Auflösung eines anderen Theils des Minerals durch salpetersaures Silber als Chlorsilber gefällt.

Die Ermittelung der Arseniksäure geschah dadurch, dafs anhaltend Schwefelwasserstoffgas in die vom Blei befreite Auflösung geleitet wurde. Von dem getrockneten und gewogenen Niederschlage wurde ein abgewogener Theil mit Salpetersäure digerirt, um die Menge des Schwefels in dem Niederschlage kennen zu lernen und die entstandene Schwefelsäure durch Barytsolution gefällt.

Die Menge an Arseniksäure konnte nun, nachdem der Gehalt an Schwefel im Niederschlage bekannt war, nach diesen Resultaten und nach der Gewichtsmenge des zuerst erhaltenen Niederschlags berechnet werden.

0,736 Grm. Mineral gaben an Chlorsilber 0,0181 Grm.
1,318 - - - - Bleioxyd 0,978 -
ferner Arseniksäure 0,303 -

oder

Bleioxyd	74,961	Proc.
Arseniksäure	23,065	„
Chlor	2,445	„
	100,471	

oder, da dieses Grünbleierz $Pb . Cl + 3Pb^3 \dddot{As}$ bildet, so würden die vorstehenden Resultate sich in folgender Weise vertheilen:

Blei	7,140	9,585
Chlor	2,445	
Bleioxyd	66,948	90,013.
Arseniksäure	23,065	
	99,598.	

X. *Ueber die Anwendung der Kieselfluorwasserstoffsäure bei quantitativen Analysen; von Heinr. Rose.*

Nachdem Berzelius zuerst das Kieselfluorkalium dargestellt und auf seine merkwürdige Eigenschaften aufmerksam gemacht hatte [1]), haben die Chemiker die schwere Auflöslichkeit dieses Salzes benutzt, um durch Kieselfluorwasserstoffsäure das Kali von manchen Säuren zu scheiden, und um diese im freien Zustand darzustellen. Man hat auf diese Weise die Chlorsäure, die Ueberchlorsäure, die Chromsäure und andere Säuren in den Auflösungen ihrer Kalisalze vom Kali getrennt. Bei quantitativen Analysen aber, um Kali vollständig abzuscheiden, hat man die Kieselfluorwasserstoffsäure noch nicht angewandt, weil das Kieselfluorkalium nur sehr schwer löslich aber nicht vollkommen unlöslich im Wasser ist. Berzelius selbst meint auch, dafs es nie zur quantitativen Bestimmung des Kalis angewandt werden könne.

1) Pogg. Ann. Bd. 1, S. 188.

Das Kieselfluorkalium ist aber in einer Flüssigkeit ganz unlöslich, die mit Alkohol versetzt worden ist. Wenn man daher die Auflösung eines Kalisalzes mit einem Ueberschufs von Kieselfluorwasserstoffsäure versetzt, und ein der ganzen Flüssigkeit gleiches Volumen von starkem Alkohol hinzufügt, so wird alles Kali vollständig als Kieselfluorkalium gefällt, das mit starkem Alkohol ausgewaschen werden mufs, der mit einem gleichen Volumen von Wasser verdünnt worden ist.

Hr. Weber erhielt auf diese Weise aus 1,548 Grm. geschmolzenen Chlorkaliums 2,307 Grm. Kieselfluorkalium, die auf einem gewogenen Filtrum bei 100° C. getrocknet worden waren. Die angewandte Menge des Chlorkaliums entspricht aber 2,293 Grm. Kieselfluorkalium. Die Kieselfluorwasserstoffsäure kann daher wohl mit gutem Erfolge zur quantitativen Bestimmung des Kalis angewandt werden.

Aber auch das Natron kann auf dieselbe Weise wie das Kali seiner Menge nach sehr gut bestimmt werden. Hr. Weber erhielt als er 2,038 Grm. Chlornatrium, in Wasser gelöst, mit Kieselfluorwasserstoffsäure versetzte, einen Niederschlag, der sich aber durch Hinzufügung von starkem Alkohol sehr vermehrte. Er wurde mit verdünntem Alkohol ausgewaschen, und auf einem gewogenen Filtrum bei 100° C. getrocknet. Er wog 3,2977 Grm. Das erhaltene Kieselfluornatrium enthält 0,809 Grm. Natrium; das angewandte Chlornatrium aber 0,808 Grm.

Berzelius hat die Unlöslichkeit des Kieselfluorbaryums benutzt, um die Baryterde von der Strontianerde durch Kieselfluorwasserstoffsäure qualitativ und quantitativ zu trennen [1]). Diese Trennungsmethode ist allerdings wohl die beste von denen, welche wir kennen. Wenn man aber die Baryterde aus einer wäfsrigen Auflösung durch Kieselfluorwasserstoffsäure fällt, so erhält man einen Verlust, da auch das Kieselfluorbaryum nicht vollkommen unlöslich im Wasser ist. Schlägt man es aber aus einer weingeistigen Auflösung nieder, so ist das Resultat ein recht genaues.

1) Pogg. Annal. Bd. 1, S. 195.

Aus 1,820 Grm. Chlorbaryum, in Wasser gelöst, mit reinster Kieselfluorwasserstoffsäure gefällt, wurden von Hrn. Weber durch Hinzufügung von etwas verdünntem Alkohol 2,458 Grm. Kieselfluorbaryum erhalten, die bei 100° C. auf einem gewogenen Filtrum getrocknet worden waren. Diese entsprechen 1,344 Grm. Baryterde, die angewandte Menge des Chlorbaryums hingegen 1,340 Grm.

Während man bei der Fällung des Kieselfluorkaliums und des Kieselfluornatriums die wäfsrige Flüssigkeit mit einem gleichen Volumen von starkem Alkohol verdünnen mufs, um diese Salze gänzlich zu fällen, braucht man zur Fällung des Kieselfluorbaryums eine geringere Menge von Alkohol.

Bei der Anwendung der Kieselfluorwasserstoffsäure zu quantitativen Untersuchungen ist ein Umstand zu erwähnen, der die gröfste Beachtung verdient. Man giebt in den Lehrbüchern der Chemie an, dafs verdünnte Kieselfluorwasserstoffsäure das Glas in der Kälte nicht im mindesten angreife und dafs diefs erst durch Verdampfung derselben in Glasgefäfsen geschähe [1]). Diefs ist indessen nicht richtig. Wenn eine sehr verdünnte Kieselfluorwasserstoffsäure lange Zeit in gläsernen Gefäfsen aufbewahrt worden ist, so ist sie nicht rein, und obgleich die innere Fläche des Glases nicht angegriffen zu seyn scheint, so hat die Säure aus dem Glase etwas Alkali, Kalkerde und Eisenoxyd, wenn letzteres im Glase enthalten war, aufgenommen. Man findet in dieser Säure dann auch oft einen Absatz von alkalischen Kieselfluormetallen. Wendet man nun aber eine solche Säure zur Fällung der Alkalien und der Baryterde an, so werden durch den Weingeist zugleich auch die noch aufgelösten alkalischen Kieselfluormetalle gefällt, und man bekommt daher einen Ueberschufs im Resultate. Eine solche lange in Glasgefäfsen aufbewahrte Kieselfluorwasserstoffsäure ist wohl noch zu manchen qualitativen Untersuchungen, namentlich zur leichten Unterscheidung der Strontianerde von der Baryterde anzuwen-

1) Berz. Lehrb. d. Chem. 5. Aufl. Bd. 1, S. 811.

den, aber nicht zu quantitativen Bestimmungen, zu welchen man freilich sich zu jeder Analyse die Kieselfluorwasserstoffsäure frisch bereiten mufs, wenn man nicht Gelegenheit hat, sie wenigstens einige Zeit hindurch in metallenen Gefäfsen, namentlich in Gefäfsen von Platin oder von Silber, aufzubewahren.

Als 1,157 Grm. Chlorbaryum in der wäfsrigen Auflösung durch eine Kieselfluorwasserstoffsäure gefällt wurden, die längere Zeit, vielleicht einige Jahre hindurch, in Glasgefäfsen aufbewahrt worden war, wurden, bei Anwendung von Alkohol, 1,636 Grm. Kieselfluorbaryum erhalten. Diesen entsprechen 0,894 Grm. Baryterde, während das angewandte Chlorbaryum nur 0,851 Grm. Baryterde entspricht. Das erhaltene Kieselfluorbaryum enthielt aber noch die alkalischen Kieselfluormetalle, welche in der angewandten Kieselfluorwasserstoffsäure aufgelöst waren, und durch den angewandten Weingeist gefällt wurden.

Auch das Kieselfluorgas greift, wenn auch nur äufserst schwach, das Glas an. Wenn man daher Silicate, die Fluor enthalten, oder Gebirgsarten, in denen fluorhaltige phosphorsaure Salze, namentlich Apatit, neben Silicaten vorkommen, im gepulverten Zustand mit concentrirter Schwefelsäure zersetzt, so kann man, ungeachtet des grofsen Ueberschusses von Kieselsäure in der zersetzten Masse, durch die entweichenden Dämpfe eine geringe Aetzung auf Glas hervorbringen. Die Aetzung ist jedenfalls aber so schwach, dafs Unerfahrene sie oft gar nicht bemerken, und sie auch nur beim Anhauchen des Glases sichtbar ist. Der Fluorkiesel wird schon durch eine geringe Menge von Feuchtigkeit zersetzt; beim gelinden Erhitzen entweicht daher aus der zersetzten Masse Fluorkiesel und später etwas Fluorwasserstoffgas, welches letztere die Aetzung bewirkt.

XI. *Ueber die Unhaltbarkeit der bisherigen Theorie der Newton'schen Farbenringe; von E. Wilde.*

Um besonders die Farben der gemischten Lamellen sorgfältiger beobachten zu können, habe ich mir ein Instrument anfertigen lassen, mit welchem ich die Durchmesser der Farbenringe bis auf Zehntausendtel eines Englischen Zolles genau zu messen, und bis auf Hunderttausendtel zu schätzen, die Annäherung der Gläser aber, zwischen denen die Ringe entstehn, bis auf Milliontel-Zoll zu bestimmen im Stande bin. Ich will diefs Instrument, welches demnach eine gröfsere Genauigkeit in den Messungen gestattet, als sie selbst mit dem von Biot erfundenen und zu anderen Zwecken bestimmten Sphaerometer sich erreichen läfst, ein *Gyreidometer* nennen.

Schon vor einigen Jahren wurde von Jerichau[1]) in Schweden die erste zweckmäfsigere, von ihm selbst *Gyreidoscop* genannte Vorrichtung zur Erzeugung der *Newton'schen Farbenringe* angegeben. Es lassen sich jedoch mit diesem Instrumente keine Messungen anstellen, und es hat daher das meinige eine andere Einrichtung erhalten müssen.

Bei der Beschreibung seines Gyreidoscops macht Jerichau die Bemerkung, dafs er die bisherige Theorie der Newton'schen Ringe für unwahr halten müsse, weil seine eigenen Beobachtungen ihn belehrt hätten, dafs bei sehr starkem Zusammenpressen der beiden Gläser der durch reflectirtes Licht entstehende Centralfleck nicht, wie Newton behaupte, dunkel, sondern dafs er hell sey. Er versucht es auch, das Farbenbild, wie es sich wirklich zeigen soll, zu erklären, indem er es auf eine mehrmalige Ausbreitung der Farben innerhalb eines Kreises zurückführt; ich mufs jedoch gestehn, dafs ich mit seiner Erklärung keinen klaren Sinn verbinden kann.

Jene Bemerkung Jerichau's veranlafste mich indefs

1) Diese Ann. Bd. 54, S. 139.

zur eigenen sorgfältigeren Beobachtung der Newton'schen Ringe mit dem Gyreidometer, sobald ich diefs Instrument erhalten hatte; ich kann aber seine Behauptung, dafs bei einem sehr starken Zusammenpressen der Gläser der Centralfleck hell werde, nicht als eine wahre bestätigen. Wenn ich im reflectirten homogenen Lichte die Gläser immer mehr und mehr einander näherte, so entstand zuerst ein dunkler Centralfleck am Gipfel der Convexlinse, der sich bei gröfserer Annäherung der Gläser in einen dunklen Kreis ausbreitete, dessen Inneres hell war, und aus dessen Mitte, wenn ich mit der Annäherung der Gläser fortfuhr, sich wieder ein dunkler Centralfleck entwickelte u. s. f., je nachdem nämlich der Gangunterschied der an der oberen und unteren Gränze der Luftlamelle reflectirten Strahlen eine ungerade oder gerade Anzahl von halben Wellenlängen betrug, bis endlich bei einem stärkeren Zusammenpressen der Gläser der Centralfleck dunkel wurde, ohne dafs ich, sobald die Gläser gewaltsam noch mehr und bis zum Biegen des oberen planparallelen $\frac{1}{4}$ Zoll dicken Glases an einander gedrückt wurden, einen hellen Gipfel aus diesem letzten dunklen Centralfleck, den ich deshalb den *constanten* nennen will, erhalten konnte. Er wurde nur um so gröfser, während die ihm zunächst sich zeigenden Ringe um so mehr von der kreisrunden Gestalt abwichen, je mehr ich mit dem Zusammenpressen der Gläser fortfuhr. Im Tageslichte wurde jedoch, wie sich von selbst versteht, der Wechsel zwischen Dunkel und Hell, der sich bei der Annäherung der Gläser im homogenen Lichte in der Mitte des Bildes zeigte, nicht wahrgenommen, sondern sie ging vielmehr, nachdem sie bei der Annäherung der Gläser die verschiedensten Farben entwickelt hatte, erst dann in den constanten dunklen Fleck über, wenn die Gläser mit stärkerem Drucke zusammengeprefst wurden. Während dabei im Tageslichte nur eine geringe Zahl von Ringen deutlich erkennbar war, zeigte sich im homogenen Lichte das Gesichtsfeld im Mikroskope mit mehreren hundert dunklen und hellen Curven erfüllt.

Ungeachtet ich also die Behauptung Jerichau's nicht als eine wahre bestätigen kann, so bin ich dennoch, seitdem ich sorgfältigere Beobachtungen dieser Gattung von Farben mit dem Gyreidometer angestellt habe, aus anderen Gründen überzeugt, dafs die bisherigen Theorieen derselben, wie sie zuerst von Newton behauptet, und von Young, Fresnel, Poisson, J. Herschel, Airy und Anderen aus der Undulationstheorie abgeleitet sind, nicht überall wahr seyn können. Diese Gründe sind:

1. Ist es theoretisch unmöglich, dafs eine Umkehrung der Aetherschwingungen bei ihrer Reflexion an der unteren Gränze des einen Glases im Vergleiche mit der Richtung, die sie nach ihrer Reflexion an der oberen Gränze des anderen haben, eintreten kann, wenn nicht noch eine Luftschicht zwischen den Gläsern vorhanden ist.

2. Wollte man auch, um die bisherigen Theorieen festhalten zu können, eine selbst gegen eine Wellenlänge sehr kleine Tiefe der Lamelle da annehmen, wo der constante dunkle Fleck im reflectirten Tages- oder homogenen Lichte sich zu zeigen anfängt, so bleibt doch derselbe Fleck und wird immer gröfser, wenn man mit dem Zusammenpressen der Gläser fortfährt, so dafs dann unmöglich noch Luft zwischen denselben vorhanden seyn kann. Da also die Voraussetzung einer unbestimmbar kleinen Tiefe der Lamelle an der Stelle des constanten Fleckes eine ganz gleichgültige ist, so kann auch des ersten Grundes wegen der Ursprung dieses Fleckes nicht in einer Interferenz der von den Gränzen der beiden Gläser reflectirten Strahlen gesucht werden, wie man diefs nichtsdestoweniger bisher gethan hat.

3. Im reflectirten *Tageslichte* erscheint der Centralfleck *tief schwarz*. Der Grund seines Entstehens kann also, wenn man auch da, wo er beobachtet wird, eine sehr dünne Luftschicht zwischen den Gläsern zugeben wollte, keineswegs in dem Principe der Interferenz gefunden werden, indem bekanntlich aus der Interferenz aller farbigen Strahlen, nachdem sie alle denselben Weg durchlaufen ha-

ben, ihrer verschiedenen Wellenlängen wegen nur eine mehr oder weniger helle Färbung resultirt. Da also der constante Fleck weder durch eine sehr dünne Luftschicht, noch in Folge des ersten Grundes für die Entfernung Null der Gläser durch Interferenz entstehen kann, so mufs sein Ursprung in anderer Weise, als es bisher geschehen ist, erklärt werden.

4. Weil auch im *homogenen Lichte*, wenn die Entfernung der Gläser Null ist, und deshalb keine Umkehrung in den Aetherschwingungen eintreten kann, der Phasenzustand der von den beiden Gläsern an der Berührungsstelle reflectirten Strahlen übereinstimmend seyn mufs, der Centralfleck also nicht dunkel erscheinen kann.

5. Weil es den bisherigen Theorieen der Newton'schen Ringe an aller Analogie mit denen verwandter Farbenerscheinungen, wohin namentlich die Beugungsfiguren zu rechnen sind, mangelt.

Aus allen diesen Gründen folgt also, dafs die Mitte des Ringsystems, wenn die Entfernung der Gläser Null ist, im reflectirten Lichte nicht dunkel seyn kann, sondern dafs sie vielmehr im Widerspruche mit den bisherigen Behauptungen hell seyn mufs.

Den kürzesten Beweis für das sogenannte *Young'sche Gesetz* finde ich nämlich in den Fresnel'schen Ausdrücken für die Oscillationsgeschwindigkeit eines reflectirten und nach der Einfallsebene polarisirten Strahles, und eines reflectirten und senkrecht gegen die Einfallsebene polarisirten, von denen die erstere (für den Strahl, in welchem die Aetherschwingungen senkrecht gegen die Einfallsebene und gegen die Richtung desselben sind) den Werth hat:

$$(1) \quad -\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)},$$

und die andere (für den Strahl, in welchem die Aetherschwingungen parallel mit der Einfallsebene und senkrecht gegen die Richtung desselben geschehen) den Werth [1]):

1) Diese Ann. Bd. 22, S. 90.

$$(2)\quad \frac{\tang(i-r)}{\tang(i+r)}.$$

Im Glase an der oberen Gränze der Luftlamelle ist der Einfallswinkel i kleiner, als der Brechungswinkel r in der Luft, der Ausdruck (1) also positiv; an der unteren Gränze der Lamelle dagegen, wo das Licht *aus der Luft* in das untere Glas übergeht, und i gröfser ist, als r, wird derselbe Ausdruck negativ. Eben so hat der Ausdruck (2) an beiden Gränzen der Luftschicht ein entgegengesetztes Zeichen, indem er an der oberen Gränze negativ und an der unteren positiv wird. Mit einem veränderten Zeichen in der Oscillationsgeschwindigkeit ist aber jedesmal eine Umkehrung in den Schwingungsrichtungen des Aethers verbunden. Bei einem natürlichen (nicht polarisirten) Strahle, der im Betreff der Intensität als zusammengesetzt aus jenen beiden polarisirten angesehen werden kann, tritt daher bei der Reflexion an der unteren Gränze der Lamelle eine Umkehrung der Aetherschwingungen im Vergleiche mit ihrer Richtung nach der Reflexion an der oberen Gränze ein, welche Umkehrung für die Intensität des reflectirten Lichtes denselben Erfolg hat, als wäre der Gangunterschied der interferirenden Strahlen um eine halbe Wellenlänge (oder überhaupt um eine ungerade Anzahl von halben Wellenlängen) gröfser oder kleiner, als er wirklich ist, *diefs jedoch nur unter der einzigen Bedingung, dafs sich noch eine Luftschicht zwischen den Gläsern befindet.* Wenn man also bisher auch da, wo die Entfernung der Gläser Null und keine Luft mehr zwischen denselben vorhanden seyn soll, dem Gangunterschiede eine halbe Wellenlänge zugelegt hat, so ist diefs in offenbarem Widerspruche mit der Undulationstheorie geschehen.

Als den *einfachsten* Ausdruck für die Intensität des reflectirten Lichtes, wenn ich der Umkehrung der Schwingungen wegen den Gangunterschied der interferirenden homogenen Strahlen um eine halbe Wellenlänge λ (oder um eine ungerade Anzahl von halben Wellenlängen) gröfser oder kleiner nehme, als er wirklich ist, finde ich

$$(3) \quad J = 4\alpha \sin^2 2\pi \frac{d\cos r}{\lambda},$$

sobald α die an der oberen oder unteren Gränze der Lamelle reflectirte Lichtmenge, d die Tiefe der Lamelle, und r den Brechungswinkel aus dem Glase in die Luft bedeutet. Für das durchgelassene Licht dagegen, für welches keine Umkehrung in den Schwingungen eintritt, ist dann die Intensität

$$(4) \quad J' = 1 - 4\alpha \sin^2 2\pi \frac{d\cos r}{\lambda},$$

so dafs beide Lichtstärken complementär sind, da ihre Summe die Intensität 1 des einfallenden Lichtes giebt.

Für das reflectirte Licht ergeben sich aus (3) die Maxima der Lichtstärke für

$$d = \frac{\lambda}{4\cos r}, = \frac{3\lambda}{4\cos r}, = \frac{5\lambda}{4\cos r}, = \frac{7\lambda}{4\cos r} \ldots,$$

und die Minima der Lichtstärke für

$$d = 0, = \frac{2\lambda}{4\cos r}, = \frac{4\lambda}{4\cos r}, = \frac{6\lambda}{4\cos r} \ldots,$$

weil für die erste Reihe $J = 4\alpha$, und für die zweite $J = 0$ wird. Für das durchgelassene Licht dagegen hat man aus (4):

die Maxima für $d = 0, = \frac{2\lambda}{4\cos r}, = \frac{4\lambda}{4\cos r}, = \frac{6\lambda}{4\cos r} \ldots$

und die Minima für $d = \frac{\lambda}{4\cos r}, = \frac{3\lambda}{4\cos r}, = \frac{5\lambda}{4\cos r}, = \frac{7\lambda}{4\cos r} \ldots,$

weil für die erste Reihe $J' = 1$, und für die zweite $J' = 1 - 4\alpha$ wird. Da sich nun die Durchmesser oder Halbmesser der Farbenringe wie die Quadratwurzeln aus den Tiefen der Lamelle verhalten, so haben im reflectirten Lichte die Durchmesser oder Halbmesser der Maxima das Verhältnifs $\sqrt{1} : \sqrt{3} : \sqrt{5} \ldots$, und die der Minima das Verhältnifs $\sqrt{0} : \sqrt{2} : \sqrt{4} \ldots$, im durchgelassenen dagegen die Durchmesser oder Halbmesser der Maxima das Verhältnifs $\sqrt{0} : \sqrt{2} : \sqrt{4} \ldots$, und die der Minima das Verhältnifs $\sqrt{1} : \sqrt{3} : \sqrt{5} \ldots$

In dieser Weise gab Newton die Gesetze an, und in eben dieser Weise sind sie bisher aus der Undulations-

theorie abgeleitet worden. Sie stimmen aber, wie gesagt, mit eben dieser Theorie so wenig überein, dafs dieselbe vielmehr eine Umkehrung dieser Gesetze für die Mitte des Ringsystems fordert.

Da die dem Centrum nächsten Ringe im reflectirten und homogenen Lichte schon unmittelbar vor dem Entstehen des constanten dunklen Fleckes, *während die Mitte des Farbenbildes noch hell ist*, ihre kreisrunde Gestalt zu verlieren und eine mehr elliptische anzunehmen anfangen, so kann es nicht bezweifelt werden, dafs die Berührung der Gläser schon dann eingetreten und ihre Entfernung Null ist, wenn man sie bis zum Beginne einer Aenderung in der kreisförmigen Gestalt der dem Centrum nächsten Ringe genähert hat, weil diese Aenderung offenbar schon auf eine Pressung der Gläser hindeutet. Es mufs dann aber auch der erste helle Ring sich ohne dunkle Unterbrechung an die helle Mitte des Bildes unmittelbar anschliefsen, weil der erste dunkle Ring erst da sich bilden kann, wo für $\cos r = \cos 0^\circ = 1$ die Tiefe d der Lamelle $= \frac{2\lambda}{4}$ ist, damit der Gangunterschied der interferirenden Strahlen (wegen des Hin- und Herganges des einen Strahles innerhalb der Lamelle und wegen der Umkehrung seiner Schwingungen) $= 2\frac{2\lambda}{4} + \frac{\lambda}{2} = \frac{3\lambda}{2}$ werden, und eine Vernichtung des Lichtes in sich selbst eintreten könne. Man hat daher, wenn diefs sich so verhält, im reflectirten Lichte

die Maxima für $d = 0$ und $\frac{\lambda}{4\cos r}, = \frac{3\lambda}{4\cos r}, = \frac{5\lambda}{4\cos r}, = \frac{7\lambda}{4\cos r} \ldots$

und die Minima für $d = \frac{2\lambda}{4\cos r}, = \frac{4\lambda}{4\cos r}, = \frac{6\lambda}{4\cos r}, = \frac{8\lambda}{4\cos r} \ldots,$

im durchgelassenen dagegen

die Maxima für $d = \frac{2\lambda}{4\cos r}, = \frac{4\lambda}{4\cos r}, = \frac{6\lambda}{4\cos r}, = \frac{8\lambda}{4\cos r} \ldots$

u. d. Minima für $d = 0$ u. $\frac{\lambda}{4\cos r}, = \frac{3\lambda}{4\cos r}, = \frac{5\lambda}{4\cos r}, = \frac{7\lambda}{4\cos r} \ldots,$

woraus folgt, dafs im reflectirten Lichte die Halbmesser

der hellen Ringe das Verhältnifs $\sqrt{1}:\sqrt{3}:\sqrt{5}\ldots$, und die der dunklen das Verhältnifs $\sqrt{2}:\sqrt{4}:\sqrt{6}\ldots$, im durchgelassenen aber die Halbmesser der hellen Ringe das Verhältnifs $\sqrt{2}:\sqrt{4}:\sqrt{6}\ldots$, und die der dunklen das Verhältnifs $\sqrt{1}:\sqrt{3}:\sqrt{5}\ldots$ haben müssen, während die Mitte des Bildes bis zur Tiefe $d=\frac{2\lambda}{4}$ der Lamelle im Maximum des reflectirten und im Minimum des durchgelassenen Lichtes erscheint.

Dafs ich mich in diesen Behauptungen nicht täusche, dafür bürgen mir die Messungen, die ich mit dem Gyreidometer, in welches ein planparalleles und ein convexes Glas mit einem Halbmesser von 360 Zoll Engl. eingelegt waren, angestellt habe. Wenn ich im reflectirten Lichte bei heller Mitte des Farbenbildes die Gläser bis zum Beginne einer Aenderung in der kreisförmigen Gestalt der Ringe einander genähert hatte, so habe ich für ihre Halbmesser in dem homogenen Lichte [1]), das man durch Alkohol und Chlornatrium erhält, für den Einfallswinkel (den Brechungswinkel r aus dem Glase in die Luft) $= 39^\circ\,41'$ als Mittel aus wiederholten Messungen, weil die Gränzen der Ringe nicht scharf sind, sondern die dunklen allmälig in die hellen übergehen, folgende Werthe erhalten:

Reflectirtes Licht.

Halbmesser

des ersten	zweiten	dritten	vierten hellen Ringes.
—	0,1244″ Engl.	0,1602″	0,1900″
des ersten	**zweiten**	**dritten**	**vierten dunklen Ringes.**
0,1021″ Engl.	0,1439″	0,1765″	0,2040″.

Diese Werthe bedürfen aber noch beträchtlicher Correctionen, die deshalb nöthig werden, weil die Halbmesser der Ringe wegen der Brechung in dem oberen $\frac{1}{4}$ Zoll dicken

1) Es ist diefs Licht zwar nicht vollkommen homogen, sondern eine Mischung von Gelb und Violett, wie ich durch seine Zerlegung mit einem Prisma gefunden habe, so dafs man es eher orangefarben als gelb nennen mufs; es ist aber doch homogen genug, um nur dunkle und gleichfarbige Ringe erscheinen zu lassen.

Glase kleiner erscheinen, als sie an der oberen Gränze der Luftlamelle wirklich sind. Den zur Berechnung dieser Correctionen erforderlichen mittleren Brechungsexponenten des oberen Glases habe ich nach der von Prechtl[1]) angegebenen Methode aus zehnmaligen Messungen bestimmt, und denselben = 1,516908 gefunden. Da überdiefs die mikroskopische Linse von der Mitte des Farbenbildes jedesmal 2,91 Englische Zoll entfernt war, so ergeben sich die Correctionen wie folgt:

Reflectirtes Licht.

Correctionen

für den ersten	zweiten	dritten	vierten hellen Ring.
—	0,0070″	0,0091″	0,0106″
für den ersten	zweiten	dritten	vierten dunklen Ring.
0,0056″	0,0081″	0,0099″	0,0113″.

Werden diese Correctionen den obigen Halbmessern zugelegt, und wird der Halbmesser des ersten hellen Ringes aus dem des zweiten nach dem Verhältnisse $1:\sqrt{3}$ berechnet, so hat man endlich:

Reflectirtes Licht.

Halbmesser

des ersten	zweiten	dritten	vierten hellen Ringes.
0,0758″	0,1314″	0,1693″	0,2006″
des ersten	zweiten	dritten	vierten dunklen Ringes.
0,1077″	0,1520″	0,1864″	0,2153″,

welche Werthe so genau sind, dafs sie, mit den obigen Quadratwurzeln in Proportion gestellt, für die Producte der inneren und äufseren Glieder Decimalbrüche geben, die auf mindestens vier Stellen übereinstimmen. So soll sich z. B. für den ersten und dritten dunklen Ring $0{,}1077^2 : 0{,}1864^2 = 0{,}01159 : 0{,}03474 = 2:6 = 1:3$ verhalten, wie diefs auch der Fall ist, da sowohl das Product der äufseren, als auch das der inneren Glieder bis auf vier Stellen $= 0{,}0347$.

Die von der Undulationstheorie für das reflectirte Licht geforderten Gesetze werden also auch durch die Beobachtung

1) „Practische Dioptrik„. Wien, 1828, S. 127.

bestätigt, ohne dafs man nöthig hätte, die Gläser über ihre Berührungsstelle hinaus, bis der dunkle Centralfleck sich ausgebildet hat, zusammenzupressen, und eben diefs ist es, was ich beweisen wollte.

Ein anderer Grund, der für die Wahrheit meiner Behauptungen bürgen kann, ist der, dafs bei allen verwandten Farbenerscheinungen, in denen im homogenen Lichte ein Wechsel von Hell und Dunkel sich zeigt, und *die Mitte hell* ist, das erste Minimum dann erst eintritt, wenn der Gangunterschied der interferirenden Strahlen mindestens eine ganze Wellenlänge beträgt. So ist z. B. in dem Beugungsbilde einer schmalen Oeffnung in einem undurchsichtigen Schirme für den Gangunterschied Null die Mitte hell, und ihre Intensität = 1. Sie bleibt aber auch ohne dunkle Unterbrechung noch hell für den Gangunterschied einer halben Wellenlänge, indem dann ihre Intensität = 0,4053 ist, und erst für den Gangunterschied einer ganzen Wellenlänge tritt das erste Minimum Null der Intensität ein [1]). Den Newton'schen Ringen noch ähnlicher ist die Beugungsfigur einer kreisförmigen Oeffnung, für welche die Mitte gleichfalls hell ist, und der erste dunkle Ring sogar dann erst entstehen kann, wenn der Gangunterschied schon die Gröfse $1{,}220\lambda$ erreicht hat [2]). Deshalb kann hier überall der Gangunterschied für das erste auf die helle Mitte des Bildes folgende Maximum nicht durch Messung gefunden, sondern er mufs vielmehr aus den Intensitätsausdrücken berechnet werden, und eben deshalb habe auch ich den Halbmesser für das erste Maximum nicht durch Messung finden, sondern ihn nur aus dem Intensitätsausdrucke (3) berechnen können. Ungeachtet also in allen diesen verwandten Farbenerscheinungen bei heller Mitte das erste Minimum nicht für den Gangunterschied einer halben Wellenlänge eintritt, so hat man bisher doch angenommen, dafs *im durchgelassenen Lichte* die Mitte des ganzen Farbenbildes hell, und

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 206.
2) Ebendaselbst S. 224.

und nichtsdestoweniger der erste dunkle Ring schon da entstehen soll, wo die Tiefe der Lamelle eine Viertelwellenlänge, der Gangunterschied also eine halbe Wellenlänge beträgt, indem für das durchgelassene Licht keine Umkehrung in den Aetherschwingungen eintritt. Es fehlt also den bis jetzt behaupteten Theorieen der Newton'schen Ringe an aller Analogie mit denen verwandter Farbenerscheinungen.

Der Grund des bisherigen Irrthums liegt offenbar darin, dafs man im Vertrauen auf die Genauigkeit der Beobachtungen Newton's den lediglich für die Annahme einer Umkehrung der Aetherschwingungen gültigen Intensitätsausdruck (3) auch für den Fall angewandt hat, wenn die Gläser die Entfernung Null haben, und eine Umkehrung der Schwingungen nicht mehr möglich ist. Hierzu kommt noch, dafs man die Tiefe Null der Lamelle niemals in die Proportionen gebracht hat, und bringen konnte, weil sonst das vierte Glied derselben unendlich grofs werden würde, so dafs es wohl erklärlich ist, wie ohne eine erneuerte Prüfung der Beobachtungen Newton's dieselben Fehler Jahrhunderte hindurch haben wiederholt werden können.

Was schliefslich den Ursprung des Centralfleckes betrifft, der nur im Tageslichte schwarz, im homogenen Lichte aber des matteren Hintergrundes wegen nicht dunkler erscheint, als es die durch Interferenz erzeugten Ringe sind: so stimme ich der Ansicht Jerichau's bei, *dafs dieser Fleck durch durchgelassenes Licht in ähnlicher Weise entstehe*, wie die Stelle, an der man die Folie eines Spiegels abgenommen hat, im reflectirten Lichte gegen den hellen Spiegelhintergrund dunkel erscheint; ich stimme aber dieser Ansicht nicht als einer wahrscheinlichen Vermuthung bei, sondern als einer unläugbaren Wahrheit. Meine Gründe sind diese:

1. Es sey (Fig. 4. Taf. IV.) *DEC* ein gläsernes Prisma, die Stelle des Auges in *O*, und *GH* eine mit den Grundflächen parallele Linie, so wird eine Brechung oder Durchlassung der rothen Strahlen in *t* erst dann möglich, wenn

der Winkel $OtG = 49° 2'$, der Einfallswinkel bei *t* also $= 40° 58'$, und eine Durchlassung der violetten in *q* erst dann, wenn der Winkel $OqG = 50° 7'$, der Einfallswinkel in *q* also $= 39° 53'$. Bedeutet noch *p* die Stelle, von welcher an eine Durchlassung der mittleren Strahlen eintreten kann, so wird also zwischen *t* und *BE* keine Farbe an der Basis *DB* gebrochen, und es findet in diesem Theile derselben eine totale Reflexion des Lichtes Statt. Zwischen *t* und *p* werden rothe, orangefarbene und gelbe Strahlen durchgelassen. Im reflectirten Lichte sind diese Strahlen also in geringerer Menge, als bei der totalen Reflexion vorhanden, und deshalb ist das reflectirte Licht hier auch weniger intensiv. Zwischen *p* und *q* werden auch die übrigen Strahlen mit Ausnahme des Blau und Violett durchgelassen, und es ist hier eben deshalb die Intensität des reflectirten Lichtes noch geringer, während in der Gegend von *q* da, wo die blauen und violetten Strahlen noch nicht durchgelassen werden, jener *bläuliche Bogen MN* entsteht, auf den Newton zuerst aufmerksam gemacht, und den er zuerst erklärt hat [1]). In dem Theile der Basis zwischen *MN* und *AD*, wo alle Farben gebrochen werden können, ist eben deshalb das reflectirte Licht ein sehr mattes.

Nachdem ich die Basis *DB* des Prisma auf den Gipfel einer sehr flachen Convexlinse gelegt hatte, prefste ich beide Gläser mit starkem Drucke an einander, und neigte das Auge so gegen die Basis, dafs ich die Berührungsstelle der Gläser zwischen *q* und *AD* erblickte. Es zeigte sich dann eine ziemlich bedeutende Menge von Ringen, wie man sie in gleicher Zahl im Tageslichte nur durch zwei sehr flache Convexlinsen erhält, und der Centralfleck in tiefer Schwärze vollkommen ausgebildet. Ich neigte hierauf das Auge noch mehr, während beide Gläser in unveränderter Lage zusammengeprefst blieben, so dafs ich ihre Berührungsstelle zwischen *q* und *p* erblickte, und es erschien der Centralfleck nun nicht mehr in jener tiefen Schwärze, sondern *im lebhaftesten Grün*. Er zeigte sich hierauf, wenn

1) *Opt. lib. I. pars* 2. *exper.* 16.

ich das Auge immer tiefer neigte, *im lebhaftesten Gelb, Orange und zuletzt röthlich*, bis endlich, wenn das Auge noch mehr gesenkt wurde, so dafs die Berührungsstelle in die Gegend der totalen Reflexion fiel, jene tiefe Schwärze vollkommen wieder hergestellt wurde.

Der Versuch ist also entscheidend für die Behauptung, *dafs die Färbung des Centralfleckes vom durchgelassenen Lichte abhängt, und er beseitigt für immer die Möglichkeit der Annahme, dafs sein Ursprung irgendwie in einer Interferenz gesucht werden könne.* Die Farben, die durchgelassen werden, sind vollkommen homogene, und es müfste daher, wenn hier auch im entferntesten nur an eine Interferenz gedacht werden könnte, der Centralfleck in ungeänderter Schwärze erscheinen. So aber ist es nicht. Die Farben Grün, Gelb, Orange, in denen der Centralfleck sich zeigt, sind vielmehr so lebhaft und rein, wie man sie nur durch die besten Flintglasprismen erhalten kann, besonders wenn die Gläser auf ein schwarzes Papier gelegt werden, und ein Einfallen der Strahlen auf die Linse selbst vermieden ist, wie ich mich hiervon dadurch überzeugt habe, dafs ich auf den von der Basis des Prisma nicht bedeckten und dem Lichte zugekehrten Theil der Linse, um alle Strahlen abzuhalten, die von unten her auf die Basis einfallen könnten, einen undurchsichtigen Schirm legte. Hat die Linse eine stärkere Convexität, so sind begreiflicherweise die Farben des Centralfleckes nicht gesondert genug.

Ungeachtet dieser Versuch jeden anderen Grund für die Wahrheit meiner Behauptungen überflüssig macht, so will ich nichtsdestoweniger noch einige andere Versuche anführen, die mir dieselben Resultate gegeben haben.

2. Auf die dem einfallenden Lichte zugekehrte Seite des Prisma legte ich ein schwarzes Papier, so dafs die Beleuchtung nur durch die Linse von unten her möglich wurde. Prefste ich dann das Prisma und die Linse stärker an einander, so erschien die Berührungsstelle wie eine durch beide Gläser ununterbrochen durchgehende sehr helle Oeffnung, wenn ich durch die dem Zimmer zugekehrte Seitenfläche des

Prisma die sonst nur schwach erleuchtete Basis desselben betrachtete. Der Versuch berechtigt daher auch zu der Annahme eines ungehemmten Durchganges der Strahlen an der Berührungsstelle, wenn das Licht von oben her durch die unbedeckte Seitenfläche des Prisma einfällt.

3. Legte ich zwei zusammengeprefste Linsen auf weifses Papier, so erschien die Schwärze des Centralfleckes weniger intensiv, als es geschah, wenn die Unterlage durch schwarzes oder auch nur dunkles Papier gebildet wurde, und es zeigte sich in jenem Falle der Centralfleck überhaupt nur in schräge reflectirtem Lichte. Bei kleineren Einfallswinkeln verschwand er völlig, und erschien, wenn ich das Auge vertical über der Berührungsstelle beider Gläser hielt, als ein weifser Kreis, während das Ringsystem auch dann noch sichtbar blieb. Entstände aber, wie man bisher angenommen hat, die Schwärze des Centralfleckes durch Interferenz, durch eine Vernichtung des Lichtes in sich selbst, so müfste der Fleck auch bei weifser Unterlage unter allen Incidenzen der Strahlen dunkel bleiben, und es könnte dann die Berührungsstelle durch das von dem Papiere ausgehende und durchgelassene Licht nicht weifs erscheinen, wie es in der That geschieht.

4. Nachdem ich die Gipfel zweier Convexlinsen durch eine sehr dünne Schicht von Kanada-Balsam mit einander vereinigt hatte, legte ich die Linsen auf eine schwarze oder auch nur dunkle Fläche, und erblickte dann die Stelle, an der sich der Balsam befand, bei allen Incidenzen der Strahlen in derselben tiefen Schwärze, in der sich der Centralfleck bei der Zusammenpressung der Gläser im Tageslichte zeigt. Legte ich aber die Linsen auf ein weifses Papier, so war auch hier, wie bei zusammengedrückten Gläsern, die Schwärze weniger intensiv, so wie denn auch hier der Fleck bei kleineren Einfallswinkeln verschwand. Obgleich die wirkliche Continuität der Gläser doch nur zum Theil durch den Balsam ersetzt wird, so entschieden nichtsdestoweniger auch alle sonstigen Versuche, die mit diesen Linsen angestellt wurden, aufs bestimmteste dafür, dafs man

den Ursprung der Dunkelheit des Centralfleckes lediglich in dem an der Berührungsstelle der Gläser durchgelassenen Lichte zu suchen habe.

5. Bei dem ersten Versuche sieht man in der Gegend der totalen Reflexion an der Basis des Prisma den schwarzen Centralfleck nicht von Ringen umgeben. Ringe können nicht entstehen, weil da, wo man sie sehen müfste, keine Strahlen durchgelassen werden, die nach ihrer Reflexion von der Linse mit den von der Basis reflectirten interferiren könnten. Schwarz aber erscheint der Centralfleck, weil zwischen den Gläsern an ihrer Berührungsstelle keine Luft vorhanden ist, also auch keine totale Reflexion stattfinden kann, sondern das Licht hier durchgelassen wird. Denn wollte man auch an der Berührungsstelle eine Luftschicht annehmen, so müfste auch hier das Licht eine totale Reflexion erleiden, und der Centralfleck eben so silberhell wie der übrige Hintergrund erscheinen. Da also die Anwesenheit einer Luftlamelle an der Stelle des Centralfleckes nicht vorausgesetzt werden darf, so kann auch seine Schwärze — selbst abgesehen davon, dafs aus der Interferenz heterogener Strahlen niemals Schwärze resultiren kann — nicht durch Interferenz entstehen, weil diese ohne eine Luftlamelle nicht möglich ist.

Wenn ich die vorstehenden, von den bisherigen abweichenden Behauptungen, die ich in einer längeren Abhandlung ausführlicher aus einander zu setzen gedenke, dem Urtheile der Sachverständigen hiermit übergebe, so habe ich dabei nur die Absicht, alle Lichtwirkungen, von welcher Art sie auch immer seyn mögen, in vollkommene Uebereinstimmung mit der Undulationstheorie gebracht zu sehen, damit die Harmonie unserer Gedanken mit der göttlichen Ordnung in der Natur wenigstens in der Optik nirgends vermifst werde.

XII. *Ueber Sternschnuppenbeobachtungen; von J. F. J. Schmidt,*

Gehülfen an der Königl. Sternwarte zu Bonn.

Das Interesse, welches in neuerer Zeit die Sternschnuppen mehrfach erregt haben, veranlafst mich zu einigen Bemerkungen, welche theils die aus correspondirenden Beobachtungen gefolgerten Resultate betreffen, theils sich auf verschiedene, weniger häufig untersuchte Eigenthümlichkeiten dieser Meteore beziehen. Wenn gleich ich weifs, dafs die folgenden Mittheilungen schon Bekanntes wieder berühren, oder auf Verhältnisse aufmerksam machen, die anderweitig vielleicht schon angedeutet worden sind, so scheint es mir doch nicht unpassend, jetzt, da ich zu einem vorläufigen Abschlufs in der Untersuchung über fast neunjährige eigene Beobachtungen gelangt bin, wenigstens einige der Resultate bekannt zu machen, welche aus der Anwendung der Bessel'schen Methode [1]) auf die Ermittelung der Entfernungen und senkrechten Höhen der Meteore hervorgegangen sind.

Die erste Veranlassung zur Theilnahme an correspondirenden Beobachtungen verdanke ich dem Hrn. Oberlehrer E. Heis in Aachen, der bereits im Herbste 1847 mich aufforderte, an bestimmten Abenden in Bonn nach Meteoren auszusehen, und in bekannter Weise die Zeiten des Erlöschens, so wie die Positionen des scheinbaren Anfangs- und Endpunktes zu notiren. Hr. Heis beobachtete zum Theil mit seinen Schülern in einem besonders für diesen Zweck eingerichteten Observatorium auf dem Aachener Schulgebäude. So lange die Einrichtungen in Aachen noch keine scharfen Zeitbestimmungen gestatteten, begnügte ich mich damit, hier in Bonn stets nur Bruchtheile der Minute, oder runde Sekunden für das Moment des Verschwindens anzugeben. Späterhin, als wir auch Längenunterschiede bestim-

1) Astronom. Nachrichten No. 380 und 381.

men wollten, verfuhr ich mit der Genauigkeit, welche in den meisten Fällen bei diesen Erscheinungen zulässig erscheint. Bei der Verzeichnung der Meteorbahnen in die Sterncharte, welche stets gleich nach der Beobachtung geschah, bediente ich mich der neuen Uranometrie von Argelander. In Aachen wurden die Bahnen in der Regel gleich auf eine grofse Himmelskugel von 30 Zoll Durchmesser aufgetragen [1]). Im Jahre 1848 hat die ungünstige Witterung im August und November die meisten Beobachtungen vereitelt; 1849 waren wir glücklicher; indessen ist zumal in Folge einer bedeutenden Erweiterung des Beobachtungsplanes das Material so angewachsen, dafs sich die Berechnung bis jetzt nur auf einen Theil desselben hat erstrecken können. Theils auf mein Ersuchen, theils auf Veranlassung des Hrn. Heis wurden seit dem August 1849 in Hamburg, Bremen, Bilk, Eschweiler, Düren, Neukirchen bei Saarbrücken, Frankfurt a. M. und Bern zahlreiche Beobachtungen angestellt. Was ich hier über Entfernungen und Höhen der Meteore mittheilen werde, ist allein aus den correspondirenden Beobachtungen in Bonn und Aachen berechnet worden. Alles Uebrige wird in der Folge erledigt werden.

Die Berechnung nach Bessel's Methode nimmt, wenn man sich mit der Anwendung derselben nicht sehr viel beschäftigt, immer eine ansehnliche Zeit in Anspruch. Aber sie hat, was nicht für gering zu achten ist, den Vortheil, dafs sie Kriterien enthält, welche ein Urtheil über die Sicherheit der an entfernten Orten gemachten Beobachtungen gestatten. Sie lehrt aufserdem mögliche äufserste Gränzen finden, zwischen welchen das jedesmal erlangte Resultat unsicher seyn kann, wenn man den Einflufs eines Beobachtungsfehlers ε auf das eine oder andere Bestimmungsstück der Meteorbahn untersucht. Wenn man nicht übersieht, wie sehr die Factoren von ε von der Lage der Meteorbahn gegen die Standlinie abhängen, so wird man aus der oft enormen Gröfse derselben nicht auf grofse Beobachtungs-

1) E. Heis, Die periodischen Sternschnuppen u. s. w. Cölln 1849.

fehler schliefsen wollen. Diese verrathen sich in den Quantitäten, welche Bessel mit f bezeichnet, und welche an die beobachteten Oerter anzubringen sind, damit den Bedingungen der Gleichzeitigkeit und somit der Identität Genüge geleistet werde. Es kann im ungünstigsten Falle die Rechnung den Einflufs von $\varepsilon = \pm \infty$ angeben, während sich die Beobachtungen aus der Kleinheit von f als sehr genau herausstellen, und es leuchtet ein, wie wichtig es zumal für solche Fälle sey, ein und dasselbe Meteor von *drei* Punkten der Erde aus zu beobachten, die genügend weit von einander entfernt liegen.

In dem folgenden Verzeichnisse werde ich die einzelnen Bestimmungsstücke so weit mittheilen, als sie zur näheren Beurtheilung des Resultats erforderlich zu seyn scheinen. Die vorangehende Untersuchung über die Identität je zweier Beobachtungen, die in Rücksicht auf die zutreffende Zeitdifferenz so sehr oft nur eine scheinbare ist, hat Hr. Heis sehr sorgfältig nach seiner Methode über die gemeinschaftlichen Durchschnittspunkte, geführt. Ich selbst habe nur die Beobachtungen der Rechnung unterworfen, welche Heis als entschieden identisch nachweisen konnte. Indem ich überall die von Bessel eingeführte Bezeichnungen beibehalte, bemerke ich zunächst, dafs für die gegenseitige Lage der Bonner Sternwarte und des Observatoriums in Aachen Folgendes angenommen wurde:

Polhöhe von Bonn . . . $(O) = 50^\circ\ 43'\ 46''$
„ „ Aachen . . $(O') = 50\ \ 46\ \ 34$
Meridian-Differenz . . $O - O' = 1\ \ 1\ \ 28$

$\varphi = 50^\circ\ 32'\ 29''$ $\quad \varphi' = 50^\circ\ 35'\ 17''$
$A - \mu = 266^\circ\ 18',4$ $\quad D = + 2^\circ\ 35',7$
$\log R = 0,98947$ $\quad R = 9,76$ Meilen.

H und H' sind die senkrechten Anfangs- und Endhöhen der Meteore.

Bei den Beobachtungen in Bonn werde ich jedesmal die No. meines Verzeichnisses beifügen.

1. 1448. Juli 29. No. 2873.

Bonn	$11^h\ 0'\ 0''$	Anf.	$273^\circ 30'$	-3°	Ende $= 245^\circ 30'$	$+3^\circ$
Aach.	10 56	„	283	-4	„ 273	-5

$A = 198^\circ 59',9$ $f = -0^\circ 13'$ $f' = -2^\circ 36'$

$s = 74^\circ 40',6$ $p = 93^\circ 49',6$ $r = 45,70$ Meil.

$s' = 46\ \ 51,8$ $p' = 89\ \ 41,4$ $r' = 10,00$ „

$\sigma = 84\ \ 12,0$ $\pi = 94\ \ 17,3$ $\varrho = 44,14$ „

$\sigma' = 74\ \ 18,7$ $\pi' = 95\ \ 55,9$ $\varrho' = \ \ 7,86$ „

$H = 25^m,88 \pm 38,88\ \varepsilon.$ $H' = 4^m,19 \pm 2,56\ \varepsilon.$

Ein sehr grofses prachtvolles Meteor, welches mit strahlendem grünem Lichte den Himmel erhellte und lautlos zerplatzte. Schweiffigur kaum kenntlich. Zeitdauer zwischen 2″ und 3″.

2. 1849. Juli 28. No. 3291.

Bonn	$11^h 12' 19''$	A. $= 267^\circ 30'$	$+28^\circ 12'$	E. $= 255^\circ$	$+16^\circ 30$
Aach.		A. $= 296$	$+18$	E. $= 284$	$+14$

$A = 200^\circ 51',4$ $f = -5^\circ 22'$ $f' = -2^\circ 4'$

$s = 68^\circ 16',0$ $p = 60^\circ 35',0$ $r = \ \ 9,67$ Meil.

$s' = 54^\circ 59,0$ $p' = 71\ \ 37',0$ $r' = 15,26$ „

$\sigma = 54^\circ\ \ 5,0$ $\pi = 71\ \ 44,4$ $\varrho = 10,90$ „

$\sigma' = 82\ \ 43,5$ $\pi' = 76\ \ 12,6$ $\varrho' = 12,54$ „

$H = 9^m,20 \pm 2,61\ \varepsilon.$ $H' = 10^m,00 \pm 1,24\ \varepsilon.$

Meteor der ersten Gröfse, geschweift, gelb. Dauer $= 0'',5$.

3. 1849. Juli 28. No. 3293.

Bonn	$11^h 23' 45''$	A. $= 237^\circ 30'$	$+22^\circ$	E. $= 211^\circ$	$+24^\circ 30'$
Aach.		A. $= 254$	$+28$	E. $= 222$	$+30$

$A = 203^\circ 43',6$ $f = -0^\circ 4'$ $f' = -2^\circ 59'$

$s = 38^\circ\ \ 6',0$ $p = 56^\circ 38',2$ $r = 28^m,97$ Meil.

$s' = 23\ \ \ 0,0$ $p' = 17\ \ \ 7,9$ $r' = 53\ ,29$ „

$\sigma = 54\ \ 11,5$ $\pi = 56\ \ 51,1$ $\varrho = 22\ ,15$ „

$\sigma' = 32\ \ 24,9$ $\pi' = 30\ \ 25,4$ $\varrho' = 44,\ 50$ „

$H = 17^m,28 \pm 3,43\ \varepsilon.$ $H' = 24^m,60 \pm 12,62\ \varepsilon.$

Grünes und geschweiftes Meteor der ersten Gröfse. Dauer $= 2''$.

4. 1849. Aug. 11. No. 3343.

Bonn $9^h 40' 47''$ A. $= 310° + 17'$ E. $= 300° - 1°$
Aachen A. $= 318 + 16$ E. $= 317 - 3$

$A = 191° 42',9$ $f = +2° 44'$ $f' = -0° 43'$

$s = 116° 58',3$ $p = 75° 7',6$ $r = 60,04$ Meil.
$s' = 108\ 18,7$ $p' = 90\ 11,7$ $r' = 27,10$ „
$\sigma = 123\ 46,4$ $\pi = 68\ 45,7$ $\varrho = 65,05$ „
$\sigma' = 125\ 21,1$ $\pi' = 91\ 50,3$ $\varrho' = 31,56$ „

$H = 44^m,51 \pm 12,98\ \varepsilon.$ $H' = 16^m,56 \pm 2,30\ \varepsilon.$

Meteor der zweiten Gröfse, weifs. Dauer $= 0'',6$.

5. 1849. Aug. 11. No. 3362.

Bonn $11^h 3' 49''$ A. $321° + 70°$ E. $302° + 64°$
Aachen A. $358 + 57$ E. $342 + 42$

$A = 212° 31',6$ $f = -0° 23'$ $f' = -6° 29'$

$s = 93° 46',0$ $p = 18° 58',3$ $r = 25,65$ Meil.
$s' = 87\ 25,5$ $p' = 26\ 1,6$ $r' = 18,99$ „
$\sigma = 114\ 13,0$ $\pi = 19\ 47,3$ $\varrho = 28,04$ „
$\sigma' = 116\ 12,5$ $\pi' = 39\ 45,0$ $\varrho' = 20,96$ „

$H = 24^m,08 \pm 2,98\ \varepsilon.$ $H' = 18^m,48 \pm 1,22\ \varepsilon.$

Meteor der zweiten Gröfse, geschweift, gelb. Dauer $= 0'',75$.

6. 1849. Aug. 20. No. 3421.

Bonn $9^h 25' 0''$ A. $= 215° + 52° 30'$ E. $226° + 40°$
Aachen A. $= 245 + 80$ E. $280 + 62$

$A = 196° 37',6$ $f = +2° 51'$ $f' = +1° 31'$

$s = 52° 11',3$ $p = 14° 3',1$ $r = 19,50$ Meil.
$s' = 45\ 53,5$ $p' = 31\ 32,8$ $r' = 15,31$ „
$\sigma = 80\ 48,0$ $\pi = 7\ 33,3$ $\varrho = 15,56$ „
$\sigma' = 84\ 35,0$ $\pi' = 27\ 55,9$ $\varrho' = 11,86$ „

$H = 13^m,99 \pm 0,93\ \varepsilon.$ $H' = 10^m,90 \pm 0,60\ \varepsilon.$

Dritte Gröfse, weifs und geschweift, mit gekrümmter Bahn.

7. 1849. Sept. 27. No. 3445.

Bonn $8^h 48' 0''$ A. $= 251° + 31° 30'$ E. $= 236° + 30° 30'$
Aachen A. $= 270 + 44$ E. $= 239 + 44$

$A = 224° 48',4$ $f = +0° 9'$ $f' = -3° 31'$

$s = 38^\circ\ 0',5$ $p = 37^\circ\ 41',1$ $r = 8,32$ Meil.
$s' = 29\ 51,0$ $p' = 19\ 38,9$ $r' = 6,42$ „
$\sigma = 57\ 27,7$ $\pi = 37\ 15,6$ $\varrho = 6,04$ „
$\sigma' = 51\ 15,5$ $\pi' = 31\ 13,4$ $\varrho' = 5,10$ „
$H = 5^m,12 \pm 0,14\ \varepsilon$. $H' = 3^m,96 \pm 0,31\ \varepsilon$.

Rothgelbes geschweiftes Meteor der zweiten Gröfse.

8\. 1849. October 22. No. 3463.

Bonn $10^h\ 10'\ 24''$. A. $= 235^\circ + 72^\circ$ E. $= 230^\circ\ 30' + 64^\circ$
Aachen A. $= 175\ + 74$ E. $= 187\ + 65$
$A = 285^\circ\ 6',1$ $f = + 0^\circ\ 26'$ $f' = + 1^\circ\ 22'$
$s = 76^\circ\ 3',0$ $p = 345^\circ\ 51',7$ $r = 51,76$ Meil.
$s' = 72\ 52,7$ $p' = 338\ 2,6$ $r' = 36,46$ „
$\sigma = 92\ 55,8$ $\pi = 344\ 58,7$ $\varrho = 50,31$ „
$\sigma_{,} = 91\ 3,4$ $\pi' = 335\ 15,7$ $\varrho' = 34,86$ „
$H = 30^m,94 \pm 6,43\ \varepsilon$. $H' = 17^m,36 \pm 2,28\ \varepsilon$.

Meteor der dritten Gröfse, weifs. Dauer $= 1''$.

9\. 1849. Nov. 11. No. 3555.

Bonn $7^h\ 9'\ 7''$ A. $345^\circ + 49^\circ$ E. $= 310^\circ + 30^\circ$
Aachen A. $29\ + 34$ E. $= 0\ + 28$
$A = 246^\circ\ 1',6$ $f = + 0^\circ\ 5'$ $f' = - 0^\circ\ 21'$
$s = 93^\circ\ 54',0$ $p = 40^\circ\ 30',4$ $r = 13,02$ Meil.
$s' = 66\ 16,6$ $p' = 58\ 12,7$ $r' = 13,03$ „
$\sigma = 129\ 28,4$ $\pi = 40\ 18,9$ $\varrho = 16,80$ „
$\sigma' = 109\ 41,3$ $\pi' = 58\ 58,3$ $\varrho' = 12,76$ „
$H = 12^m,99 \pm 1,33\ \varepsilon$. $H' = 11^m,27 + 0,83\ \varepsilon$.

Schönes grünes Meteor der ersten Gröfse, schweiflos, wellenförmig geschlängelt.

10\. 1849. Nov. 11. No. 3558.

Bonn $7^h\ 44'\ 28''$ A. $= 73^\circ + 57^\circ$ E. $= 101^\circ + 62^\circ\ 30'$
Aachen A. $= 71\ + 31$ E. $= 86\ + 44$
$A = 253^\circ\ 13',9$ $f = - 1^\circ\ 7'$ $f' = - 0^\circ\ 25'$
$s = 120^\circ\ 24',4$ $p = 0^\circ\ 8',8$ $r = 12,25$ Meil.
$s' = 111\ 35,6$ $p' = 346\ 37,4$ $r' = 54,12$ „

$\sigma = 146\ \ 20,3$ $\pi = \ \ 3\ \ 27,3$ $\varrho = 19,13$ Meil.
$\sigma' = 132\ \ \ 1,1$ $\pi' = 347\ \ 38,7$ $\varrho' = 58,29$ „
$H = 8^m,86 \pm 1,49\ \varepsilon.$ $H' = 28^m,64 \pm 19^m,38\ \varepsilon.$
Zweiter Gröfse, gelb und geschweift. Dauer = 1″.

11. 1849. Nov. 11. No. 3556.

Bonn $7^h\,23'\,36''$ A. $274^\circ + 32^\circ$ E. $263^\circ + 26^\circ$
Aachen A. 344 + 61 E. 274 + 35
$A = 248^\circ\ 0',1$ $f = +3^\circ\ 5'$ $f' = -0^\circ\ 54'$
$s = 38^\circ\ 14',3$ $p = 36^\circ\ 54',9$ $r = 26,48$ Meil.
$s' = 27\ \ 29,1$ $p' = 30\ \ 16,1$ $r' = \ 7,64$ „
$\sigma = 90\ \ 37,9$ $\pi = 28\ \ 49,7$ $\varrho = 19,76$ „
$\sigma' = 40\ \ 24,3$ $\pi' = 33\ \ 38,3$ $\varrho' = \ 4,52$ „
$H = 19^m,44 \pm 26,60\ \varepsilon.$ $H' = 3^m,01 \pm 0,30\ \varepsilon.$
Meteor der vierten Gröfse, weifs. Dauer = 1″.

12. 1849. Nov. 12. No. 3596.

Bonn $6^h\,52'\,24''$ A. $175^\circ + 49^\circ$ E. = $183^\circ + 45^\circ$
Aachen A. 146 + 53 E. = 161 + 43
$A = 241^\circ\ 9',9$ $f = -1^\circ\ 3'$ $f' = +3^\circ\ 44'$
$s = 72^\circ\ 35',7$ $p = 321^\circ\ \ 1',8$ $r = 184,5$ Meil.
$s' = 66\ \ \ 8,0$ $p' = 318\ \ 56,0$ $r' = \ 44,1$ „
$\sigma = 91\ \ \ 1,8$ $\pi = 323\ \ 10,1$ $\varrho = 181,8$ „
$\sigma' = 72\ \ 30,0$ $\pi' = 310\ \ 55,3$ $\varrho' = \ 41,1$ „
$H = 53^m,69 \pm 96^m,00\ \varepsilon.$ $H' = 7^m,84 \pm 3,15\ \varepsilon.$
Meteor der zweiten Gröfse, gelb.

13. 1849. Nov. 12. No. 3600.

Bonn $7^h\,24'\,44''$ A. = $200^\circ + 50^\circ$ E. = $212^\circ\ 30' + 36^\circ$
Aachen A. = $183^\circ + 55^\circ$ E. = 210 $+ 32^\circ$
$A = 249^\circ\ 16',4$ $f = -0^\circ\ 3'$ $f' = +2^\circ\ 14'$
$s = 63^\circ\ \ 1',1$ $q = 326^\circ\ 52',1$ $r = 13,82$ Meil.
$s' = 47\ \ 37,3$ $p' = 319\ \ \ 2,3$ $r' = \ 8,46$ „
$\sigma = 74\ \ 28,2$ $\pi = 326\ \ 58,7$ $\varrho = 12,80$ „
$\sigma' = 47\ \ \ 9,9$ $\pi' = 312\ \ 56,9$ $\varrho' = \ 7,45$ „
$H = 3^m,80 \pm 0,46\ \varepsilon.$ $H' = 1^m,06 \pm 0,05\ \varepsilon.$

Rothgelb, geschweift. Dauer = 1″,5. Dasselbe Meteor wurde auch in Eschweiler beobachtet.

Verbindet man die dort erhaltenen Positionen mit der Bonner Beobachtung, so erhält man:

$f = -0^\circ\,47'.$ $\qquad f' = +1^\circ\,1'.$

$H = 2^m{,}57 \pm 0{,}26\ \varepsilon.$ $\qquad H' = 0^m{,}83 \pm 0{,}03\ \varepsilon.$

14. 1849. Nov. 12. No. 3610.

Bonn $9^h\,3'\,20''$ A. $= 266^\circ\,30' + 37^\circ\,30'$ E. $= 270^\circ + 30^\circ$

Aachen A. $= 245 \quad + 67$ E. $= 267 \quad + 47$

$A = 273^\circ\,59'{,}5$ $\quad f = +0^\circ\,34'$ $\quad f' = -0^\circ\,7'$

$s = 35^\circ\,34'{,}6$	$p = 349^\circ\,45'{,}5$	$r = 25{,}61$ Meil.
$s' = 27\quad 39{,}9$	$p' = 352\quad 32{,}4$	$r' = 18{,}68$ „
$\sigma = 67\quad 28{,}6$	$\pi = 348\quad 10{,}1$	$\varrho = 18{,}57$ „
$\sigma' = 42\quad 27{,}7$	$\pi' = 352\quad 56{,}2$	$\varrho' = 11{,}01$ „

$H = 9^m{,}90 \pm 3{,}86\ \varepsilon.$ $\qquad H' = 6^m{,}06 \pm 1{,}38\ \varepsilon.$

Meteor der fünften Gröfse; nebelartig.

15. 1849. Nov. 12. No. 3629.

Bonn $11^h\,43'\,4''$ A. $= 283^\circ + 51^\circ\,30'$ E. $= 267^\circ + 48^\circ\,18'$

Aachen A. $= 258 \quad + 70$ E. $= 247^\circ + 47$

$A = 314^\circ\,1'{,}9$ $\quad f = -2^\circ\,40'$ $\quad f' = +3^\circ\,20'$

$s = 55^\circ\,21'{,}8$	$p = 337^\circ\quad 2'{,}6$	$r = 12{,}44$ Meil.
$s' = 60\quad 53{,}1$	$p' = 326\quad 8{,}0$	$r' = 13{,}09$ „
$\sigma = 76\quad 30{,}0$	$\pi = 343\quad 2{,}2$	$\varrho = 10\,58$ „
$\sigma' = 72\quad 36{,}1$	$\pi' = 318\quad 51{,}0$	$\varrho' = 11{,}93$ „

$H = 4^m{,}82 \pm 0{,}18\ \varepsilon.$ $\qquad H' = 3^m{,}39 \pm 0{,}15\ \varepsilon.$

Zweiter Gröfse, rothgelb, geschweift. Dauer $= 1''5$.

16. 1849. Nov. 12. No. 3635.

Bonn $11^h\,59'\,57''$ A. $= 314^\circ + 28^\circ$ E. $= 316^\circ + 19^\circ$

Aachen A. $= 309 \quad + 33$ E. $= 306 \quad + 20$

$A = 318^\circ\,10'{,}9$ $\quad f = +1^\circ\,29'$ $\quad f' = +4^\circ\,7'$

$s = 25^\circ\,43'{,}0$	$p = 351^\circ\,27'{,}8$	$r = 5{,}13$ Meil.
$s' = 16\quad 32{,}7$	$p' = 352\quad 43{,}9$	$r' = 6{,}11$ „
$\sigma = 31\quad 35{,}9$	$\pi = 345\quad 12{,}0$	$\varrho = 5{,}60$ „
$\sigma' = 21\quad 2{,}4$	$\pi' = 326\quad 28{,}2$	$\varrho' = 4{,}27$ „

$H = 1^m{,}49 \pm 0{,}64\ \varepsilon.$ $\qquad H' = 1^m{,}19 \pm 0{,}45\ \varepsilon.$

Meteor der vierten Gröfse, gelb und geschweift.

17. 1849. Nov. 12. No. 3636.

Bonn $12^h\,7'\,39''$ A. $=290^\circ+53^\circ$ E. $=297^\circ\,30'+46^\circ$
Aachen A. $=232\ +73$ E. $=296\ \ +53$

$A=320^\circ\,11',0 \quad f=-1^\circ\,58' \quad f'=-1^\circ\,22'$.

$s=56^\circ\,13',8 \quad p=338^\circ\,39',3 \quad r=2,38$ Meil.
$s'=47\ \ 42,7 \quad p'=338\ \ 46,2 \quad r'=2,60$ „
$\sigma=86\ \ 41,0 \quad \pi=342\ \ 59,5 \quad \varrho=8,67$ „
$\sigma'=54\ \ 13,0 \quad \pi'=342\ \ 18,6 \quad \varrho'=8,24$ „

$H=0^m,97\pm3,14\ \varepsilon. \qquad H'=0^m,94\pm3,13\ \varepsilon.$

Meteór der dritten Gröſse, weiſs, geschweift.

18. 1849. Nov. 13. No. 3665.

Bonn $9^h\,23'\,19''$ A. $=257^\circ+64^\circ$ E. $=250^\circ+61^\circ$
Aachen A. $=179\ +78$ E. $=182\ +69$

$A=279^\circ\,59',2 \quad f=+0^\circ\,22' \quad f'=+2^\circ\,20'$

$s=63^\circ\,38',8 \quad p=348^\circ\,59',3 \quad r=22,37$ Meil.
$s'=62\ \ 40,3 \quad p'=344\ \ 10,4 \quad r'=22,16$ „
$\sigma=90\ \ 35,8 \quad \pi=348\ \ 13,3 \quad \varrho=20,04$ „
$\sigma'=91\ \ 56,2 \quad \pi'=339\ \ 12,7 \quad \varrho'=19,69$ „

$H=12^m,97\pm1,03\ \varepsilon. \qquad H'=11^m,45\pm0,82\ \varepsilon.$

Vierter Gröſse, weiſs.

19. 1849. Nov. 19. No. 3684.

Bonn $7^h\,29'\,44''$ A. $=215^\circ+61^\circ\,42'$ E. $=224^\circ\,42'+59^\circ$
Aachen A. $=112\ +61$ E. $=130\ \ +63$

$A=257^\circ\,25',4 \quad f=-1^\circ\,28' \quad f'=+1^\circ\,33'$

$s=\ 67^\circ\ \ 4',6 \quad p=339^\circ\,41',0 \quad r=78,19$ Meil.
$s'=\ 61\ \ 51,2 \quad p'=341\ \ 35,8 \quad r'=58,70$ „
$\sigma=111\ \ \ 3,0 \quad \pi=342\ \ 51,0 \quad \varrho=74,94$ „
$\sigma'=103\ \ 36,7 \quad \pi'=338\ \ 13,4 \quad \varrho'=54,77$ „

$H=39^m,02\pm29,15\ \varepsilon. \qquad H'=29^m,09\pm15,82\ \varepsilon.$

Ich gewahrte diese auſserordentlich glanzvolle Erscheinung erst, als ich nach einer fast entgegengesetzten Stelle des Himmels blickend, durch die magisch grüne Erleuchtung des Himmels, und des im Süden von der Sternwarte hinziehenden Gebirgszuges, aufmerksam gemacht wurde. Als ich das Meteor erblickte, war es gerade am Erlöschen, und

liefs dunkelrothe Fragmente fahren. Aber die leuchtende, weifse, völlig gerade Schweiflinie, welche erst nach 13″ erlosch, gab genau den durchlaufenen Weg an. Dieser Schweif, dessen Glanz anfangs dem der Sterne zweiter Gröfse glich, hatte an seinem Ende mindestens 5′ im scheinbaren Durchmesser, was auf einen wahren von 1950 par. Fufs führt. Mit mir beobachtete das Meteor Hr. Stud. Thormann aus Bern, der, indem er seine eigene Beobachtung mit der von Heis in Aachen angestellten verband, folgende Resultate berechnete.

Beobachtungen von Thormann Nov. 19.

Bonn $7^h 29' 44''$ A. $216^\circ + 61^\circ 42'$ E. $222^\circ 30' + 58^\circ$

Beobachtungen von Heis Nov. 19.

Aachen A. $112^\circ + 61^\circ$ E. $130^\circ + 63^\circ$

$A = 257^\circ 25',4$ $f = -1^\circ 46'$ $f' = -1^\circ 44'$

$s = 66^\circ 44',0$ $p = 340^\circ 2',1$ $r = 130,4$ Meil.

$s' = 61\ 48,4$ $p' = 339\ 26,4$ $r' = 50,5$ „

$\sigma = 111\ 2,9$ $\pi = 342\ 51,2$ $\varrho = 126,1$ „

$\sigma' = 103\ 36,4$ $\pi' = 335\ 42,0$ $\varrho' = 46,7$ „

$H = 68^m,17 \pm 180,5\ \varepsilon$. $H' = 23^m,75 \pm 22,6\ \varepsilon$.

Die Dauer der Erscheinung wurde von uns beiden auf 1″,5 höchstens auf 2″ geschätzt. Man sieht aus beiden Rechnungen, wie ungünstig für die Ermittlung der Entfernungen, die Bewegung des Meteors gegen unsere Standlinie gerichtet war.

Eine nähere Betrachtung der Quantitäten f und f' so wie der Positionswinkel wird darthun, in wie weit Beobachtungen, die an zwei, nahe 10 Meilen von einander entfernten Orten angestellt wurden, die Bedingung der Gleichzeitigkeit erfüllen.

Es zeigt sich, dafs f vorkommt [1]): zwisch. 0° u. 1° .... 14 Mal
„ 1 „ 2 .... 9 „
„ 2 „ 3 .... 8 „
„ 3 „ 4 .... 4 „
„ 4 „ 5 .... 1 „
„ 5 „ 6 .... 1 „
„ 6 „ 7 .... 1 „

1) Vergleiche die Zusammenstellung der f nach den Rechnungen von Feldt in der Abhandlung von Bessel, Astr. Nachr. No. 380.

Da man die Höhen jedesmal aus 2 Dreiecken bestimmen kann, so müssen die H und H', H_1 und H_1' um so besser zusammen stimmen, je kleiner f ist. Es kommen Beobachtungen vor, die durch solche Uebereinstimmung hinlänglich beweisen, welcher Genauigkeit diese Bestimmungen fähig sind, wenn sie mit gehöriger Umsicht und sehr genauer Bekanntschaft mit den Gestirnen angestellt werden. Ich werde darüber die folgenden Beispiele anführen [1]).

	H und H' aus r, r', z, z'.		H_1 und H_1' aus $\varrho, \varrho', z_1, z_1'$.	
No. 2873	26m,25	4m,65	25m,88	4m,19
3293.	17 ,24		17 ,28	
3343.	44 ,51	16 ,56	48 ,02	16 ,00
3362.	24 ,08	18 ,48	24 ,17	18 ,80
3421.	13 ,99	10 ,90	13 ,13	11 ,59
3463.	30 ,94		30 ,32	
3555.	12 ,99	11 ,27	13 ,07	11 ,34
3665.	12 ,97		12 ,78	
3684.	39 ,02	29 ,09	41 ,21	27 ,25

Es ist auffallend, sowohl nach diesen Rechnungen als nach denen von Brandes, daſs gerade oft die glänzendsten und groſsartigsten Erscheinungen in Höhen stattfinden, wo man die Atmosphäre der Erde als fast verschwindend ansehen muſs, während Meteore von mattem Glanze, Sternen der vierten bis sechsten Gröſse ähnlich, sich auf ein bis zwei Meilen der Erdoberfläche nähern. Dieſs werden spätere und zahlreichere Beobachtungen noch besser herausstellen, und daran erinnern können, daſs möglicherweise die Atmosphäre es nicht sey, welche das Leuchten (Glühen) der Meteore bedingt, wie man vorwiegend oft und lange angenommen hat. Es wäre gewiſs von Interesse, frühere be-

1) Unter diesen 18 Beispielen kommen drei Fälle vor, in denen $H' > H$, also die Endhöhe gröſser als die Anfangshöhe ist. Es genügt aber, Beobachtungsfehler von 1' und weniger anzunehmen, um das Steigen der Bahn in ein Sinken zu verwandeln. (Vergl. die Abhandlung von Bessel.)

bedeutende Erscheinungen, zumal solche, welche mit Detonationen begleitet waren, und Stein- oder Eisenmassen fallen liefsen, jetzt noch einer scharfen Prüfung nach Bessel's Methode zu unterwerfen, so weit das etwaige Detail solcher Beobachtungen es zulassen sollte. Die Angaben über Höhen, Geschwindigkeiten und Gröfsen der Meteore sind bekanntlich sehr oft höchst schwankend, und es ist wichtig, die ungefähren Gränzen kennen zu lernen, innerhalb welcher das Resultat unsicher seyn kann. So habe ich beiläufig das grofse Meteor von 27. Aug. 1847 berechnet, welches in Paris und Dieppe beobachtet wurde, und worüber Hr. Petit mehrfache Untersuchungen angestellt hat, bis er zuletzt eine Hyperbel fand. Er berechnete die Störungen der Erde, und glaubte nun gefunden zu haben, dafs das Meteor aus der Region der Fixsterne in unser System gekommen sey. Wenn aber das in dem *Comp. Rend.* und in den Astr. Nachr. No. 701 mitgetheilte Detail der Beobachtungen wirklich richtig, und nicht vielleicht zufällig durch Schreib- und Druckfehler entstellt ist, so zeigt sich, dafs die f und f' die enorme Gröfse von 18° und 19° erreichen. Man sieht darnach leicht, welcher Spielraum für die weiteren Schlüsse übrig bleiben mufs.

Fast bei jeder Beobachtung habe ich mich bemüht, so genau wie möglich die Zeitdauer der Erscheinung (gewöhnlich nach Drittel-Sekunden) zu bestimmen. Jeder, der hiermit sich beschäftigt hat, wird die ungemeine Schwierigkeit solcher Schätzungen kennen. Wenn man den Einflufs der Aenderungen von r und r', welche durch einen Beobachtungsfehler ε entstehen können, d. h. den Einflufs von dr und dr' auf die Bahnlänge untersucht, so wird man in den meisten Fällen sich überzeugen, wie unsicher, ganz abgesehen von dem Fehler in der Schätzung der Zeitdauer, die allerdings oft mehr als planetarischen Geschwindigkeiten sich herausstellen.

Es hat mir stets geschienen, dafs aufser den gemeinschaftlichen Untersuchungen, welche in Rücksicht auf die Entfernungen der Meteore an verschiedenen Orten ange-

stellt werden müssen, dem Einzelnen, der sich aus Liebhaberei mit astronomischen Arbeiten beschäftigt, noch Vieles zu beobachten übrig bleibe. Ich meine die besonderen Eigenthümlichkeiten der Meteore, die sich in der Farbe, in dem Glanze und dessen Modificationen, in der Schweifbildung, so wie in der oft anomalen Bewegung kund geben. Zerstreute Beobachtungen der Art sind hier und da vorhanden. Wenn man aber dahin strebt, ein grofses Phänomen der Natur, so weit es erreichbar ist, in seinem ganzen Umfange zu erkennen, so kann es nicht genügend erscheinen, eine gelegentliche Notiz über Farben und Schweiferscheinungen als Stütze zu bedeutenden Schlufsfolgerungen zu benutzen. Will man die Ursachen und nähere Bedingungen kennen, unter denen das Leuchten oder Verbrennen der Meteore vor sich geht, so scheint es nöthig, nicht ganz allein bei der Betrachtung heruntergefallener Stein- oder Eisenmassen stehen zu bleiben, oder nur die, in der Regel wenig sicheren Höhenangaben mit der gegenwärtig bekannten Ausdehnung der Atmosphäre zu vergleichen. Die Farben und Lichterscheinungen (Intensitäten), zusammengestellt mit den Entfernungen, die Schweifphänomene verglichen mit dem Glanze und der Farbe der Meteore, kurz, die möglichst vielseitige Combination so mannigfaltiger Eigenthümlichkeiten, wird in der Folge gewifs noch mehr Mittel darbieten können, das Problem von den Meteoren in seiner ganzen kosmischen Bedeutsamkeit aufzufassen.

Was ich selbst im Laufe von fast 9 Jahren in ähnlicher Rücksicht beobachtete, habe ich im Laufe des letzten Winters zusammengestellt, um eine Einsicht in die etwaigen Ergebnisse zu erlangen, welche 3700 sorgfältig angestellte Beobachtungen zu versprechen schienen. Die Aussicht, in der Folge weniger Zeit und Gelegenheit für derartige Untersuchungen zu finden, machte es mir wünschenswerth, Einiges jetzt schon mitzutheilen. Was aufserdem sich über die Farben und Schweifphänomene, über Convergenzpunkte, Höhen und Geschwindigkeiten, über Verwendung der Meteorbeobachtungen zur Ermittelung von Meridiandifferenzen,

über *teleskopische* Sternschnuppen, die ich in grofser Anzahl bei anderen Beobachtungen gesehen habe, ect. herausgestellt hat, hoffe ich bekannt machen zu können, wenn sich mir für die völlige Durchführung meiner Arbeit von gröfserem Umfange eine günstige Veranlassung darbieten sollte. —

XIII. *Verbesserte Darstellungsweise der Fumarsäure; von W. Delffs.*

Das Verfahren, welches von den meisten chemischen Handbüchern vorgeschrieben wird, um die Fumarsäure aus dem Kraut der *Fumaria officinalis* darzustellen, rührt von Demarçay [1]) her, und stimmt bis auf einige Vereinfachungen mit dem ursprünglichen Verfahren von Winckler [2]), der bekanntlich diese Säure zuerst aus der Fumaria gewonnen hat, überein. Beide Chemiker fällen nämlich den ausgeprefsten und geklärten Saft des Krautes (Winckler, nachdem er unnöthigerweise den mit der Fumarsäure verbundenen Kalk durch oxalsaures Kali entfernt hat), mit essigsaurem Bleioxyd, zerlegen den ausgewaschenen Niederschlag durch Schwefelwasserstoff, und beschaffen die Reinigung der abgeschiedenen Säure durch Thierkohle u. s. w.

Man sieht, dafs diefs Verfahren das gewöhnliche ist, dessen man sich zur Aufsuchung neuer Säuren zu bedienen pflegt. Die leichte Ausführbarkeit desselben beruht indessen auf den beiden Voraussetzungen, dafs das Bleisalz der darzustellenden Säure *unlöslich*, und dafs die Säure selbst *löslich* in Wasser sey. Vom practischen Gesichtspunkt aus betrachtet, erfüllt nun die Furmarsäure nur die erste dieser Bedingungen, denn da dieselbe reichlich 200

1) *Ann. de chim. et de phys. LVI.* 429.
2) Buchner's *Repert. XXXIX.* 374.

Theile kalten Wassers zu ihrer Lösung bedarf, würde man auf je eine Unze Fumarsäure im Bleisalz ungefähr 13 Pfund Wasser anzuwenden haben. Die beiden daraus erwachsenden Uebelstände: Benutzung sehr voluminöser Gefäfse und ein langwieriges Abdampfungsgeschäft, haben gewifs manchem Chemiker die Darstellung dieser durch ihre chemischen Verhältnisse ausgezeichneten Säure verleidet. Auch lassen sich diese Uebelstände durch Anwendung von heifsem Wasser nicht beseitigen, ohne neue Unbequemlichkeiten herbeizuführen. Zwar ist die Fumarsäure in *siedendem* Wasser ziemlich leicht löslich, und es liefse sich durch Anwendung desselben die obige Wassermenge bedeutend veringern; allein abgesehen davon, dafs alsdann die Zerlegung des Bleisalzes durch Schwefelwasserstoff, welche man sonst unter freiem Himmel sich selbst überlassen kann, die Aufmerksamkeit des Laboranten während der ganzen Dauer des Versuchs in Anspruch nimmt, — läfst sich diese Operation wegen des starken Aufstofsens der Flüssigkeit nur dann ausführen, wenn man die letztere fortwährend umrührt. Ueberdiefs habe ich mich überzeugt, dafs es sehr schwer hält, das fumarsaure Bleioxyd durch Schwefelwasserstoff so vollständig zu zersetzen, dafs man keinen erheblichen Verlust erleidet.

Es ist daher viel zweckmäfsiger, die Anwendung des Schwefelwasserstoffs zur Zersetzung des fumarsauren Bleioxydes ganz zu umgehen, und anstatt dessen die nachfolgende Methode zu benutzen, wobei nicht allein die angeführten Schwierigkeiten wegfallen, sondern auch der Vortheil erreicht wird, dafs die Säure gleich bei der ersten Abscheidung reiner, als nach anderen Darstellungsweisen, ausfällt. Es beruht diese Methode auf dem Umstand, dafs die Fumarsäure von concentrirter Salpetersäure, selbst in der Hitze, nicht angegriffen wird.

Man verfährt im Anfang, wie Winkler und Demarçay vorschreiben. Das frische Kraut wird unter Zusatz von etwas Wasser zerstofsen und ausgeprefst. Die trübe, grüngefärbte Flüssigkeit wird bis zum Sieden erhitzt, wo-

bei sich ein Gerinnsel von Eiweifs und Chlorophyll abscheidet. Nach Entfernung desselben zeigt die Flüssigkeit eine hellere, mehr in's Gelbliche spielende Färbung, welche nicht weiter durch Thierkohle, wie Demarçay vorschreibt, beseitigt zu werden braucht. Dagegen ist es nicht unzweckmäfsig, die Flüssigkeit ein paar Stunden der Ruhe zu überlassen, wobei sich ein gelblicher Bodensatz abscheidet, von welchem der gröfste Theil der Flüssigkeit durch Abgiefsen, der Rest durch das Filtrum getrennt werden kann. Man schreitet alsdann zur Fällung mit essigsaurem Bleioxyd. (Um diese Operation in kürzester Zeit vollständig und zugleich unter Vermeidung eines allzu grofsen Ueberschufses des Fällungsmittels auszuführen, ist es hier, wie in ähnlichen Fällen, zweckmäfsig, die zu fällende Flüssigkeit in zwei oder mehrere Cylinder zu vertheilen und die Lösung des essigsauren Bleioxyds (oder sonstigen Fällungsmittels) aus einem mit Filter versehenen und an einem Stativ befestigten Trichter nahe am Rande des Cylinders in die Flüssigkeit tropfen zu lassen. Man wird dadurch in den Stand gesetzt, die Bildung des Niederschlags weit länger mit dem Auge zu verfolgen, als wenn das Fällungsmittel mit einemmal in gröfserer Menge hinzugesetzt wird, wobei sich in der Regel die ganze Flüssigkeit trübt, und alsdann so lange mit dem neuen Zusatz gewartet werden mufs, bis sich die Flüssigkeit wieder geklärt hat. Haben die sich bildenden Niederschläge keine allzu voluminöse Beschaffenheit, so läfst sich die Fällung gewöhnlich ohne Unterbrechung beendigen; im entgegengesetzten Fall hat der erste Cylinder Zeit sich zu klären, während man den zweiten in Arbeit nimmt u. s. w.) Das entstandene fumarsaure Bleioxyd ist gelblichgrün gefärbt und anfangs ziemlich voluminös, sinkt aber später etwas zusammen. Man thut daher gut, diesen Zeitpunkt abzuwarten, ehe man sich an's Auswaschen macht. Letzteres kann abgebrochen werden, wenn die ablaufende Flüssigkeit nur noch wenig gefärbt ist. Nachdem das auf Fliefspapier ausgebreitete fumarsaure Bleioxyd lufttrocken geworden ist, wird es zerrieben und in einer geräumigen Schale in klei-

nen Antheilen mit concentrirter Salpetersäure [1]) übergossen, bis das mit dem Spatel durchgearbeitete Gemenge in einem dicken hellstrohgelben Brei verwandelt ist. Es findet hierbei eine ziemlich starke Erhitzung statt, und das Volumen des Gemenges schwillt ungefähr auf den doppelten Raum, welchen es nach dem Erkalten einnimmt, an; gleichwohl entbinden sich wenig salpetersaure Dämpfe. Nach Verlauf von 24 Stunden rührt man das Gemenge von salpetersaurem Bleioxyd und freier Fumarsäure mit so viel Wasser an, als erforderlich ist, um die überschüssige Salpetersäure abfiltriren zu können, wäscht einigemal mit Wasser aus, läfst gut abtropfen, und zieht die Fumarsäure mit kochendem Weingeist von gewöhnlicher Stärke, worin sie sich am besten löst, aus. Der Rückstand von der weingeistigen Lösung, welchem etwas salpetersaures Bleioxyd beigemengt ist, wird in Ammoniak gelöst. Letzteres nimmt neben der Fumarsäure immer Spuren von Bleioxyd, und, wenn man sich des gewöhnlichen, im Handel vorkommenden Bleizuckers zur Fällung bedient hatte, auch immer etwas Kupferoxyd auf, welche, nachdem das überschüssige Ammoniak durch Erhitzen verjagt ist, durch Schwefelwasserstoff entfernt werden. Die gefällten Schwefelmetalle tragen auffallend zur Entfärbung der Flüssigkeit bei, so dafs das Filtrat beim freiwilligen Verdunsten gewönlich schon ziemlich farblose Krystalle von doppeltfumarsaurem Ammoniak absetzt. Nur in dem Fall, dafs die Krystalle stärker gefärbt erscheinen, ist es erforderlich, dieselben durch Auspressen zwischen Fliefspapier und Umkrystallisiren zu reinigen; gewöhnlich reicht es hin, die wenig gefärbten Krystalle in heifsem Wasser zu lösen, und einen geringen Ueberschufs von Salpetersäure hinzuzufügen, um den Rest der färbenden Materie zu zerstören, und beim Ekalten der Flüssigkeit farblose Krystalle von Fumarsäure zu erhalten. Die vollständige Abscheidung der Fumarsäure erfordert indessen

1) Ich bediente mich anfangs einer Säure von 1,45 spec. Gew., fand aber später, dafs man mit einer Säure von gewöhnlicher Stärke ebenso gut seinen Zweck erreicht.

längere Zeit, als man bei der Schwerlöslichkeit derselben erwarten sollte, und erfordert einen Zeitraum von mehreren Tagen.

Ungeachtet die mittgetheilte Darstellungsweise der Fumarsäure in der Beschreibung weitläufiger, als die im Eingang berührte, aussieht, indem sie eine gröfsere Anzahl von Operationen einschliefst: so führt dieselbe doch weit rascher und bequemer zum Ziele, und gewährt, was besonders hervorzuheben ist, eine reichliche Ausbeute. In dieser letzteren Beziehung läfst sie auch eine später von Winckler bekannt gemachte Methode [1]) weit hinter sich zurück. Winkler erhielt nämlich aus 100 Pfund frischem Kraut gegen $2\frac{1}{2}$ Unzen reiner Fumarsäure. Ich habe dagegen höchstens 20 Pfund Kraut in Arbeit genommen, ungefähr die Hälfte des gewonnenen fumarsauren Bleioxyds bei vorläufigen Versuchen verloren, und gleichwohl über 5 Drachmen reiner Fumarsäure gewonnen. Die Ausbeute nach meinem Verfahren ist also ungefähr $2\frac{1}{2}$ mal gröfser. Ohne Zweifel erklärt sich die geringere Ausbeute Winckler's zum Theil aus dem Umstand, dafs derselbe Thierkohle zur Entfärbung der Säure anwandte, ein Verfahren, das man, wegen der dabei statttfindenden Verlüste, in neuerer Zeit so viel wie möglich zu umgehen sucht.

Schliefslich mögen hier noch ein paar Bemerkungen über die Krystallform des doppeltfumarsauren Ammoniaks Raum finden. Ich hegte anfangs die Hoffnung, die geringe Anzahl genauer Angaben über die Krystallform organischer Verbindungen um *eine* vermehren zu können, weil ich bei der ersten Darstellung des noch unreinen Ammoniaksalzes sehr deutlich ausgebildete Krystalle erhielt. Leider zeigte sich beim Messen mit dem Reflexions-Goniometer, dafs die Flächen trotz ihres Glanzes nicht eben genug waren, um eine *genaue* Bestimmung der Winkel zuzulassen. Beim Umkrystallisiren trat der auch schon in anderen Fällen beobachtete Umstand ein, dafs die Deutlichkeit der Form mit dem Grad der Reinheit der Substanz abnahm. Gleich-

1) Buchner's *Repert. LXVIII*, 39.

wohl geht Folgendes mit Sicherheit aus meinen Beobachtungen hervor. Die Krystalle des doppeltfumarsauren Ammoniaks gehören zum zwei- und eingliedrigen oder klinorhombischen System; sie bestehen aus vierseitigen Prismen mit Winkeln von ungefähr 70 und 110°, und schief aufgesetzten Endflächen, welche mit den scharfen Seitenkanten Winkel von ungefähr 60 und 120° bilden. Die Krystalle sind sehr deutlich diesen Endflächen parallel spaltbar. Bei einigen Krystallen waren die Endflächen durch zwei, auf die stumpfen Seitenkanten aufgesetzte und in der Macrodiagonale zusammenstoſsende, Flächen verdrängt. In trockner Luft werden die Krystalle matt; in verschlossenen Gefäſsen lassen sie sich unverändert aufbewahren.

XIV. *Leichte Darstellung des Helenin's; von W. Delffs.*

Wenn man die frische, in Scheiben zerschnittene Wurzel von *Inula Helenium* mit Weingeist von 80 Proc. auskocht und die heiſsfiltrirte Lösung mit ihrem drei bis vierfachen Volumen kalten Wassers vermischt, so entsteht eine schwache Trübung, und nach 24 Stunden finden sich in der Flüssigkeit blendend weiſse, mehrere Zoll lange Nadeln von reinem Helenin. Die Mutterlauge hält so wenig Helenin zurück, daſs es kaum der Mühe werth ist, dieselbe abzudampfen. Der Versuch gelang auch mit der getrockneten Wurzel, welche ein halbes Jahr lang aufbewahrt worden war; jedoch schien mir die Ausbeute etwas geringer. Die zu diesen Versuchen benutzte Wurzel war gegen Ende Octobers gesammelt worden.

XV. *Analyse verschiedener Kohleneisensteine aus der Steinkohlenablagerung an der Ruhr;* *von Dr. C. Schnabel,*

Director der Realschule in Siegen.

Vor etwa 18 Jahren wurde auf der Steinkohlengrube „Friederika“ in der Nähe der Stadt Bochum ein bisher dort unbekanntes Fossil, angeblich von schwarzer, an einzelnen Stellen brauner, ins Rothe übergehender Farbe entdeckt. Die Lagerstätte desselben befand sich zwischen Kohlensandstein und Schieferthon; sie bildete ein beiläufig 2 Fufs mächtiges Flötz, ebenso regelmäfsig als die Steinkohlenflötze und diesen völlig parallel. Als dieselbe später noch mehrmals durchfahren wurde, veranlafste die Bergbehörde eine vorläufige Untersuchung des Minerals, welche einen nicht unerheblichen Eisengehalt nachwies.

Obgleich nicht sehr weit von dieser Steinkohlenzeche auf einer Nachbargrube derselbe Eisenstein nochmals und in nicht unbedeutender Ausdehnung bekannt geworden war, so stand doch das Vorkommen desselben im Steinkohlengebirge an der Ruhr seither immer noch isolirt und erregte wenig Aufmerksamkeit, bis im Anfang d. J. auf der Kohlenzeche „Schürbank und Charlottenburg“, 6 Stunden von Bochum entfernt, ein Flötz von 24″ Mächtigkeit aufgefunden wurde, welches dem äufseren Ansehen nach dasselbe Mineral enthielt. Auf den Wunsch des Hrn. Bergmeisters Herold in Bochum unternahm ich nun von vier der als Eisenstein angesprochenen Fossilien eine vollständige chemische Analyse, deren Resultate ich nachstehend mit dem Bemerken zu veröffentlichen mir erlaube, dafs ausführliche Mittheilungen darüber in der „Zeitschrift des naturhistor. Vereins für Rheinland und Westphalen“ vorkommen sollen. Die in diesen Annalen Jahrg. 1849 Bd. 76, S. 113—119

mitgetheilte Analyse[1]) von L. Ch. Hefs betrifft ohne Zweifel ein ähnliches Vorkommnifs.

Bei der *quantitativen* Untersuchung zeigten die verschiedenen Kohleneisensteine folgendes Verhalten:

Sie bilden eine schwache, dickschieferige, ziemlich schwer pulverisirbare Masse: einige Stücke zeigen Schwefelkies in Krystallen oder in dünnen Schichten ausgesondert. Bruch uneben. Glanz fehlt oder matt. Der Strich ist glänzend, das Strichpulver dunkelbraun oder fast schwarz. Die Härte steht bei den eisenreicheren Varietäten zwischen 3 und 4, bei den ärmeren zwischen 1 und 2. Das specifische Gewicht variirt zwischen 2,9 und 2,2.

Das Pulver entwickelt beim Erhitzen in der an einer Seite geschlossenen Röhre einen schwachen, an das Oelgas erinnernden, Geruch und setzt Wassertropfen ab, ohne dafs sich die Farbe desselben verändert; es geräth dabei, wie Gyps während des Brennens, in eine wallende Bewegung. Beim Glühen unter Luftzutritt wird dasselbe rothbraun oder, bei den Manganreicheren Varietäten, violett, und löst sich dann durch Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure bis auf einen weifsen Kieselrückstand. Wird das ungeglühte Pulver mit kalter Chlorwasserstoffsäure übergossen, so tritt eine langsame Entwicklung von Kohlensäure ein, welche erst nach einigen Tagen aufhört, durch Wärme aber sehr beschleunigt wird; der ungelöste schwarze Rückstand hinterläfst, beim Erhitzen auf Platinblech, nach dem Wegbrennen der Kohle einen weifsen erdigen Rückstand, der aus einem Silikat von Thonerde, Kalk, Magnesia und Eisenoxyd besteht. In der dunkelgelben salzsauren Auf-

1) Dieselbe ist mit folgendem Fehler behaftet: Auf Seite 116 wird der Glühverlust bei offenem Tiegel als Kohle berechnet, aber der zur Verwandlung des Eisenoxyduls in Oxyd nöthige Sauerstoff ist nicht in Rechnung genommen. Die von Hefs gefundenen 43,39 Proc. FeO verlangen noch 4,82 Proc. O um in Fe_2O_3 überzugehen; daher mufs die Kohle um dieses Gewicht vermehrt werden und beträgt demnach $21,27 + 4,82 = 26,09$. Hierdurch wächst aber der Procentgehalt des Minerals auf 104,03 mit einem Ueberschufs von 4,03 Proc., über den es an Auskunft fehlt.
S.

lösung befinden sich: Eisen als Oxydul und Oxyd, sowie geringe Mengen von Mangan, Thonerde, Kalk, Magnesia und Schwefelsäure. Wasser zieht aus dem Erze Spuren von Schwefelsäure (und Chlor), an Kalk gebunden, aus. Phosphorsäure und Alkalien liefsen sich nicht nachweisen.

Die *quantitative* Untersuchung lieferte folgende Resultate:

A. Kohleneisensteine von der Grube „Friederika“, Muthung Schrötter.

Erste Sorte. Spec. Gew. 2,81; Härte zwischen 3 und 4.

Eisenoxydul	48,24
Eisenoxyd	1,30
Manganoxydul	0,13
Kalk	0,59
Magnesia	1,20
Thonerde	0,77
Wasser	0,92
Kohlensäure	31,32
Schwefelsäure	0,03
Kohle	14,61
Kieselrückstand	0,93
	100,04.

Oder: die Basen an die Säuren vertheilt:

Kohlensaures Eisenoxydul	77,72
Eisenoxyd	1,30
Kohlensaures Manganoxydul	0,21
„ Kalk	1,02
„ Magnesia	2,51
Schwefelsaurer Kalk	0,05
Thonerde	0,77
Wasser	0,92
Kohle	14,61
Kieselrückstand	0,93
	100,04.

Zweite Sorte. Spec. Gew. 2,197. Härte zwischen 1 und 2. Strichpulver schwarzbraun, nach dem Verbrennen der Kohle von einer dem Pariserroth ähnlichen Farbe.

Eisenoxydul	29,32
Eisenoxyd	7,46
Magnesia	2,10
Kohlensäure	20,22
Wasser	4,14
Kohle	35,34
Kieselrückstand	0,81
Thonerde, Manganoxydul, Kalk u. Schwefelsäure	Spuren
	99,39.

Oder:

Kohlensaures Eisenoxydul	47,24
Eisenoxyd	7,46
Kohlensaures Magnesia	4,40
Wasser	4,14
Kohle	35,34
Kieselrückstand	0,81
Al_2O_3, MnO, CoO und SO_3	Spuren
	99,39.

B. **Kohleneisensteine von der Grube „Schürbank und Charlottenburg".**

Erste Sorte. Spec. Gew. 2,94. Härte zwischen 3 und 4. Das schwarze Pulver brennt sich an der Luft schwärzlich violett und wird dann theilweise dem Magnete folgsam.

Eisenoxydul	43,41
Eisenoxyd	7,77
Manganoxydul	0,68
Magnesia	1,75
Kohlensäure	28,80
Wasser	3,01
Kohle	11,71
Kieselrückstand	2,71
Thonerde, Kalk und Schwefelsäure	Spuren
	99,69.

Oder:

	Kohlensaures Eisenoxydul	69,29
	Eisenoxyd	7,77
	Kohlensaures Manganoxydul	0,78
	Kohlensaure Magnesia	3,67
	Wasser	3,01
	Kohle	11,76
	Kieselerde	1,92
An SiO_3 gebunden.	Thonerde + Eisenoxyd	0,52
	Magnesia	0,13
	Kalk	0,14
	Al^2O_3, CaO, SO_3	Spuren
		99,69.

Zweite Sorte. Specifisches Gewicht 2,33. Härte zwischen 1 und 2.

In Salzsäure löslicher Theil = 48,94.	Eisenoxydul	21,91
	Eisenoxyd	5,93
	Kalk	0,49
	Magnesia	0,75
	Wasser	5,09
	Kohlensäure	14,39
	Schwefelsäure	0,38
	Mangan und Thonerde	Spuren
In Salzsäure unlöslicher Theil = 50,96.	Eisenoxyd	1,16
	Kalk	0,48
	Magnesia	0,34
	Thonerde	8,67
	Kieselerde	20,23
	Kohle	20,07
		99,89.

Oder:

	Kohlensaures Eisenoxydul	35,30
	Eisenoxyd	5,93
	Kohlensaurer Kalk	0,41
	" Magnesia	1,57
	Schwefelsaurer Kalk	0,64
	Wasser	5,09
	Kohle	20,07
	Kieselerde	20,23
An SiO_3 gebunden.	Eisenoxyd	1,16
	Kalk	0,68
	Thonerde	8,67
	Magnesia	0,35
		99,89.

Nachschrift.

Später hatte ich Gelegenheit, noch einige dieser mit Kohle aufs Innigste gemengten Eisensteine auf ihren Eisengehalt zu prüfen; in je zwei Sorten von der Grube „Isabelle" bei Bochum fand sich ein Gehalt von 25,52 und 27,68 Proc. Eisen bei einem Kieselrückstand von resp. 7,53 und 7,64. Dagegen sank der Eisengehalt der Kohleneisensteine von der Grube „General" bei Dahlhausen an der Ruhr auf 9,56 und 10,54 Proc., unter gleichzeitiger Zunahme der erdigen Theile auf resp. 37,96 und 64,14 Proc.

Siegen, den 1. Juli 1850.

XVI. *Ueber das Binocularsehen prismatischer Farben und eine neue stereoskopische Methode; von H. W. Dove.*

(Aus d. Monatsberichten d. Akad. Mai 1850).

Im Jahrgang 1841 der Berichte Seite 251 sind von mir Versuche veröffentlicht worden, aus denen hervorgeht, dafs, wenn im Stereoskop Farben betrachtet werden, welche bei gleicher Intensität genau complementar sind, diese Farbeneindrücke einander ebenso zu weifs neutralisiren, als wenn beide auf der Netzhaut eines und desselben Auges erregt werden. Diese Versuche sind neuerdings von Hrn. Regnault mit gleichem Erfolge wiederholt worden. Wendet man hingegen statt der Polarisationsfarben Pigmente oder die Absorptionsfarben durchsichtiger Gläser an, so wird man sich leicht nur des Farbeneindruckes des einen Auges bewufst, besonders wenn die Intensität der gleichzeitig mit dem rechten und der mit dem linken Auge gesehenen Farbe verschieden ist. Nun ist aber bekannt, dafs, wenn einem Auge zwei Farben gleichzeitig dargeboten werden, ihre Mi-

schungsfarbe gesehen wird, wie verschieden auch die Intensität der Componenten seyn mag. Es würde daraus folgen, dafs, wenn zwei Wellensysteme gleichzeitig Eine Netzhaut erschüttern, wir uns des daraus resultirenden Systems stets bewufst werden; afficiren hingegen zwei Systeme gesondert beide Netzhäute, diefs nur stattfindet, wenn die Elongation *der Schwingungen beider nahe gleich oder nicht zu verschieden ist.* Im ersten Falle kann man daher nicht das resultirende System in seine Componenten zerlegen, indem man eine der Componenten absichtlich übersieht. Im letzteren Falle ist diefs möglich, weil beide Systeme sich factisch nicht zu einem resultirenden combiniren.

Es giebt einfache stereoskopische Zeichnungen, z. B. eine gerade abgekürzte oder vollständige Pyramide, ein gerader abgekürzter oder vollständiger Kegel, von denen die für das linke Auge eine blofse einfache Umkehrung der für das rechte Auge ist, d. h. solche, welche, wenn sie für rechts und links sich unterscheiden, für oben und unten identisch bleiben oder umgekehrt. Diefs führte darauf, dafs man auch ein stereoskopisches Relief mit einer einzigen dieser Zeichnungen erhalten könne, wenn man diese nämlich so betrachtet, dafs man vor das eine Auge ein Fernrohr hält, welches wie das galiläische oder terrestrische sie aufrecht zeigt, vor das andere eins, welches, wie das astronomische, sie umkehrt, vorausgesetzt, dafs die Vergröfserung beider Fernröhre dieselbe ist. Der Versuch bestätigt diefs, woraus hervorgeht, dafs zwei Bilder gleicher Intensität sich auf diese Weise ebenso combiniren, wie im Wheatstone'schen Stereoskop. Diese Methode läfst sich daher auch auf Farben anwenden.

Wirft man die durch Doppelbrechung entstandenen Spectra eines gleichseitigen Bergkrystallprisma, dessen Kanten der Axe parallel sind, auf eine weifse Wand, so sieht man da wo das violette Ende des einen Spectrums über das rothe des andern greift, eine sehr schöne Pupurfarbe entstehen, welche sich in ihre Componenten zerlegen läfst, wenn man die unmittelbar mit dem Auge aufgefangenen Spec-

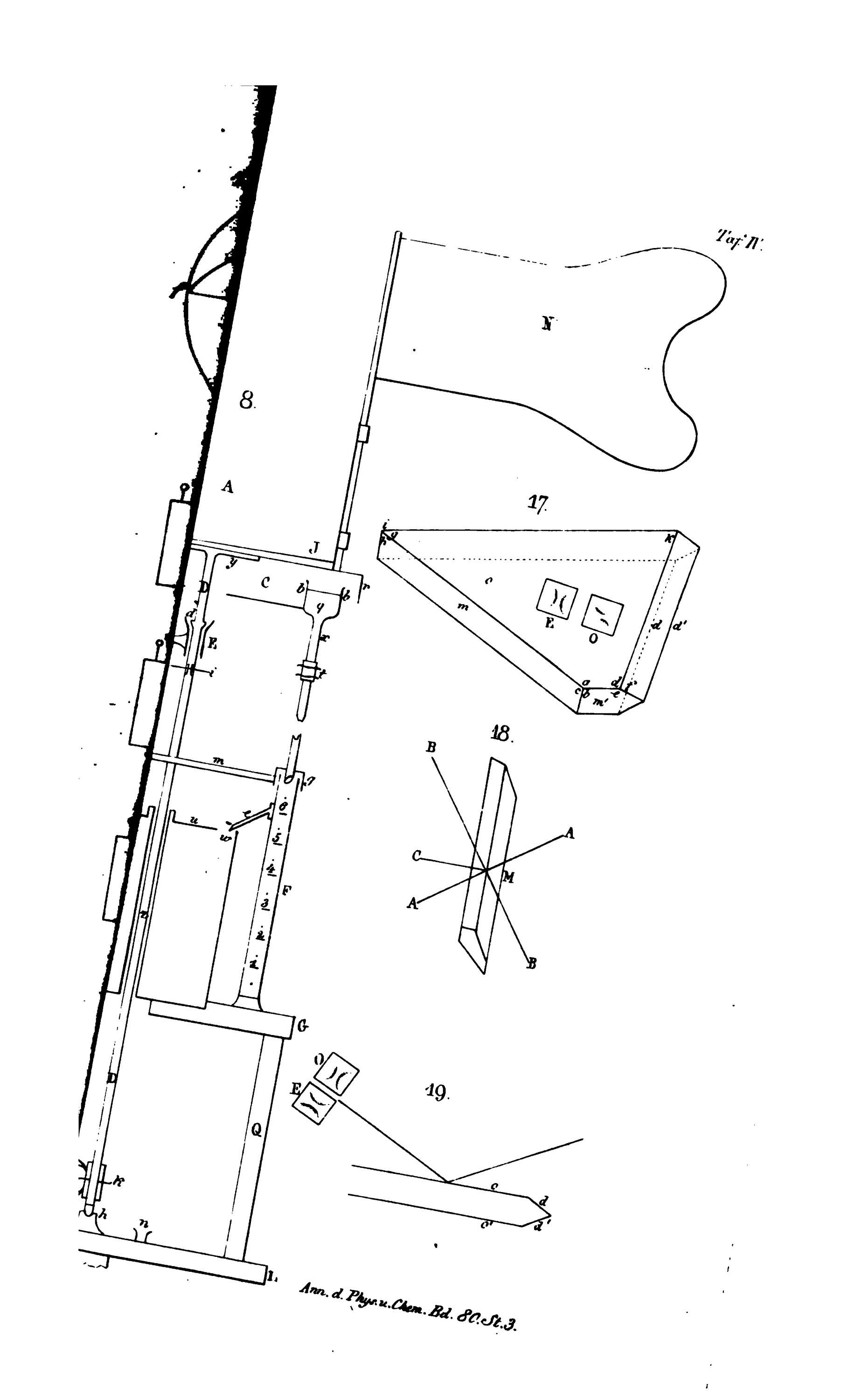
Nac... ...rt, bei dessen Dre- ...Roth als senkrecht auf ...Wirft man hingegen das ...glasprisma auf die Wand, ...durch die beiden Fernröhre, ...ter Weise einander decken, so ...in der Weise gegen das Roth, ...drucks des letztern allein bewufst ...beiden Augen gleich scharf sieht. Der ...roth durch Purpur in Violett erscheint ...die Sehkraft des einen Auges absichtlich ...von den einander deckenden Bildern das ...verschwindet. Auf diese Weise scheinen ...iedenen Ergebnisse zu erläutern, welche in ...der Versuche verschiedener Beobachter sich ...che ihren Augen gesonderte Farbeneindrücke

Später hatte ich ... Kohle aufs Innigste ... sengehalt zu prüfe... „Isabelle" bei Boc... 27,68 Proc. Eisen ... und 7,64. Dage... steine von der ... Ruhr auf 9,56 ... der erdigen ... Siegen, ...

XVI ...

...uscht man die vor das rechte und linke Auge ge- ...Fernröhre mit einander, so erhält man dieselbe ...rung der Erscheinung, als im Wheatstone'schen Ste- ...op durch Vertauschung der beiden Zeichnungen unter ...der. Der vorher erhaben gesehene Gegenstand erscheint ...vertieft.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.


8.
A
J
y
D
C
b
b
q
r
E
x
t
m
u
w
F
G
Q
D
k
h
n
I.
N
17.
c
m
E
O
d
d'
a
b
c
m'
e
f
18.
B
A
C
M
A
B
19.
O
E
c
d
c'
d'

tra durch ein Nicol'sches Prisma analysirt, bei dessen Drehung einmal das Violett, dann das Roth als senkrecht auf einander polarisirt verschwinden. Wirft man hingegen das Spectrum eines gleichseitigen Flintglasprisma auf die Wand, und betrachtet dasselbe so durch die beiden Fernröhre, dafs die Bilder in umgekehrter Weise einander decken, so verschwindet das Violett in der Weise gegen das Roth, dafs man sich des Eindrucks des letztern allein bewufst wird, wenn man mit beiden Augen gleich scharf sieht. Der Uebergang des Feuerroth durch Purpur in Violett erscheint erst, wenn man die Sehkraft des einen Auges absichtlich schärft, so dafs von den einander deckenden Bildern das eine zuletzt ganz verschwindet. Auf diese Weise scheinen sich die verschiedenen Ergebnisse zu erläutern, welche in den Angaben der Versuche verschiedener Beobachter sich finden, welche ihren Augen gesonderte Farbeneindrücke darboten.

Vertauscht man die vor das rechte und linke Auge gehaltenen Fernröhre mit einander, so erhält man dieselbe Umkehrung der Erscheinung, als im Wheatstone'schen Stereoskop durch Vertauschung der beiden Zeichnungen unter einander. Der vorher erhaben gesehene Gegenstand erscheint nun vertieft.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1850. ANNALEN №. 8.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXX.

I. *Ueber die Zusammensetzung des Turmalins, verglichen mit derjenigen des Glimmers und Feldspaths, und über die Ursache der Isomorphie ungleichartiger Verbindungen;*

von Carl Rammelsberg.

Historische Einleitung.

Es ist eine ausgemachte Thatsache, dafs ungeachtet der werthvollsten Arbeiten in der Mineralogie und Chemie das Band noch fehlt, welches Form und Zusammensetzung mit einander verknüpft. Die Erfahrungen haben immermehr gezeigt, dafs das innere Wesen der Isomorphie nicht nothwendig und nicht in allen Fällen auf einer analogen Gruppirung der Elemente beruhen kann, neue Vorstellungen — wie die Atomvolume und die Heteromerie — sind deshalb zur Hülfe genommen worden, ohne indessen bis zu diesem Augenblick eine allgemeine Ueberzeugung hervorzurufen.

Unter den Mineralien sind es offenbar die Silicate, und unter diesen die zusammengesetzteren, welche in jener Beziehung grofse Schwierigkeiten darbieten. Wir besitzen zahlreiche und gewifs genaue Analysen von Feldspatharten, von Glimmern, von Augiten und Hornblenden, und müssen uns dennoch aufrichtig gestehen, dafs wir weder für Feldspath, noch für Glimmer, Augit oder Hornblende einen sicher verbürgten, allgemein passenden Ausdruck der chemischen Zusammensetzung angeben können. So grofs die Aehnlichkeit in den physikalischen Merkmalen bei den einzelnen Gliedern dieser Gattungen ist, und so leicht es fällt, in dieser Hinsicht das Zusammengehörige zu vereini-

gen, so grofs sind die Abweichungen in der Zusammensetzung bei Gliedern der nämlichen Gattung. Und diese Gattungen gehören durch ihre grofse Verbreitung, durch den Antheil, den sie an der Bildung der Gesteine nehmen, zu den wichtigsten unter allen Mineralien. Denn ein und derselbe Typus der geometrischen Form, kaum mehr differirend, als es bei isomorphen Körpern gewöhnlich ist, grofse Aehnlichkeit in ihrem ganzen physikalischen Verhalten vereinigt alle die Substanzen, welche wir im Allgemeinen *Feldspath* nennen, und es war fast nur der Chemiker, der eine Trennung derselben für nothwendig erachtete, als er fand, dafs die einzelnen Glieder: Orthoklas und Albit, Oligoklas, Labrador und Anorthit, nicht etwa durch Vertretung einzelner Bestandtheile als isomorphe betrachtet werden dürften, sondern eine stöchiometrisch verschiedene Zusammensetzung haben, insofern zwar die Aequivalente der stärkeren Basen (der Alkalien und der Kalkerde) und der schwächeren (der Thonerde) bei allen unveränderlich = 1 : 1 sind, die der Kieselsäure aber in dem Verhältnifs von 4 : 6 : 9 : 12 sich ändern. Noch übler steht es beim *Glimmer*, dessen Varietäten scheinbar regellos zusammengesetzt sind, ja wo optische und chemische Eigenschaften sich selbst widersprechen. Können auch viele *Augite* und *Hornblenden* auf einfache Ausdrücke zurückgeführt werden, so legen die thonerdehaltigen grofse Hindernisse in den Weg, und die zur Beseitigung derselben und zur Lösung der Frage, ob beide Mineralien zusammenfallen, aufgestellten Ansichten erfreuen sich keinesweges der allgemeinen Anerkennung.

Es ist ein grofser Irrthum, wenn man glaubt, die chemische Kenntnifs der Mineralien sey ein abgeschlossenes, nur hie und da zu erweiterndes Gebiet, sie zeigt im Gegentheil in nicht geringerem Grade jene Lückenhaftigkeit, welche allen Theilen der Chemie eigen ist, und die zu unausgesetzten Forschungen antreibt, um durch Feststellung der Thatsachen, so wie durch glückliche Combinationen die vielfachen Räthsel zu lösen.

Von der Absicht geleitet, in diesem Gebiete, wenn auch vorerst nur in seinem empirischen Theile, brauchbares Material zu liefern, habe ich mich einige Jahre unausgesetzt mit der chemischen Untersuchung eines einzelnen Minerals beschäftigt, dessen Verhältnisse noch mehr als die der genannten, unklar waren. Ich wählte den *Turmalin*, bei welchem das Mangelhafte in dem bisherigen Stande der Kenntnifs von seiner Zusammensetzung nicht blofs in den Variationen derselben, sondern auch in den Schwierigkeiten zu suchen ist, welche seine Analyse darbietet, und die sich auf die theoretische Deutung der Resultate überträgt. Denn es giebt Turmaline, welche 13 bis 14 verschiedene Bestandtheile enthalten, und 10 bis 11 ist die herrschende und gewöhnliche Zahl. Unter diesen Bestandtheilen sind einige, deren Abscheidung und Bestimmung mit den gröfsten Schwierigkeiten verknüpft ist, wie z. B. Fluor, Borsäure, die beiden Oxyde des Eisens und Mangans, die gleichzeitig vorhandenen drei Alkalien. Hier mufs das Bewufstseyn genügen, die besten Methoden gewissenhaft benutzt zu haben. Aber schon deshalb schien es gleich Anfangs erforderlich, nicht blofs einige Repräsentanten zu untersuchen, die im Aeufseren verschieden sind, sondern selbst ähnliche Varietäten in gröfserer Anzahl zu analysiren, damit durch Vergröfserung der Data die Unsicherheiten, welche die analytische Methode mit sich führt, möglichst beseitigt würden. Ich würde indessen der vorliegenden Arbeit doch nicht die ungewöhnliche Ausdehnung gegeben, und eine so lange Zeit sehr mühsamen und ermüdenden Versuchen zugewandt haben, wenn sich nicht sehr bald ergeben hätte, dafs die Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Turmaline sich nicht aus isomorphen Substitutionen erklären läfst, sondern dafs hier ähnliche Verhältnisse wie bei den Feldspäthen, unter einer noch viel gleichartigeren äufseren Hülle verborgen sind.

Es war mein Plan, alle möglicherweise zu erlangenden Turmalinabänderungen, deren Beschaffenheit nicht eine begonnene Umwandlung verriethe, gleichförmig und möglichst

genau zu analysiren, und die Resultate mit den physikalischen Eigenschaften zu vergleichen. So ist die Zahl der Varietäten auf *dreifsig* gestiegen, die Zahl der Analysen auf mehr als hundert, so dafs auf jede Varietät drei bis vier sich gegenseitig ergänzende Versuchsreihen kommen. Diese bisjetzt niemals durchgeführte Vervielfältigung wird sich, wie ich hoffe, bei der Prüfung des Resultats durchaus nicht als unnütz ergeben.

Nur durch die bereitwilligste Mittheilung des zahlreichen und zum Theil sehr seltenen Materials war es möglich, der Arbeit jenen Umfang zu geben. Ich mufs hier vor Allem erwähnen, dafs das K. Mineralienkabinet der Berliner Universität aus seinen reichhaltigen Sammlungen mir Vieles darbot. Hr. Prof. B. Silliman jun. in Newhaven, Connecticut, sandte mir eine Reihe nordamerikanischer Vorkommnisse; Hr. Bergrath und Prof. Haidinger in Wien erfreute mich durch zahlreiche Exemplare des K. K. montanistischen Museums. Hrn. Dr. Tamnau in Berlin, Hrn. Dr. Bader in Wien und Hrn. Mineralienhändler Kranz verdanke ich zum Theil sehr seltene Abänderungen.

Die ersten Analysen des Turmalins rühren von Vauquelin und von Klaproth her. Etwas später beschäftigte sich Bucholz mit demselben Gegenstande. Aber erst im J. 1818 fanden Lampadius und Vogel die Borsäure im Turmalin auf, Arfvedson und Grüner (1820) das Lithion, und den gröfsten Fleifs verwandte C. Gmelin auf dieses Mineral, so dafs seine Analysen (in den Jahren 1815 bis 1827 angestellt) bisjetzt die wichtigsten geblieben sind. Von Du Menil und Le Play rühren einzelne Angaben her.

Alle diese Arbeiten (etwa 17 an der Zahl) waren aber im höchsten Grade unbefriedigend. In Folge des unvollkommneren Zustandes der analytischen Chemie zeigen selbst die zuverlässigsten grofse Differenzen und Verluste. So fehlen in Gruner's und Arfvedson's Analysen 4 Proc.; C. Gmelin verlor beim Turmalin von Bovey Tracy und

von Grönland $3\frac{1}{2}$, ja bei dem vom St. Gotthardt selbst mehr als 9 Proc., ohne diesen Verlust erklären zu können, so dafs es hiernach durchaus nicht möglich war, auch nur im entferntesten eine den chemischen Proportionen gemäfse Deutung zu versuchen [1]).

Erst vor fünf Jahren publicirte Hermann in Moskau eine Arbeit über die Zusammensetzung der Turmaline [2]), welche den Zustand unserer Kenntnisse von diesem Mineral sehr zu verändern schien. Denn sie lehrte nicht blofs, dafs beide Oxyde des Eisens in den Turmalinen vorkommen, und gab eine Methode an, deren relative Menge zu bestimmen, sondern ihr Verfasser behauptete zugleich die Gegenwart von *Kohlensäure* in fast allen Turmalinen (gleichwie im Epidot und Vesuvian), während er die des Fluors entschieden läugnet. Auf Grund der Analyse von fünf Varietäten von verschiedener Färbung, (des schwarzen von Gornoschit bei Katharinenburg, des braunen von Mursinsk, des grünen von der Totschilnaja Gora, des rothen von Sarapulsk und des farblosen von Elba) hat Hermann geglaubt, alle Turmaline in drei durch optische und chemische Eigenschaften unterschiedene Gruppen bringen zu können, die er Schörl, Achroit und Rubellit nannte, und da die stöchiometrischen Verhältnisse sehr abweichend waren, so stellte er den Satz auf, dafs Verbindungen von ungleicher Constitution dieselbe Form haben, durch gegenseitige Verbindung zahlreiche Varietäten bei einem Mineral liefern können, und nannte solche Verbindungen *heteromere*. Gleichzeitig suchte er die Ansicht zu vertheidigen, dafs Kieselsäure und Borsäure nur 2 At. Sauerstoff enthalten, und dafs die Kohlensäure sie vertreten könne.

So durchaus neue und unerwartete Ansichten müssen nothwendig zu einer schärferen Prüfung auffordern, und wenn wir auch alles Theoretische erst bei Zusammenstellung unserer Resultate beleuchten wollen, können wir doch nicht umhin, schon hier darauf aufmerksam zu machen, wie sehr

1) Vgl. mein Handwörterbuch des chem. Th. der Min. II. S. 243.

2) Journ. f. pract. Chem. Bd. 35, S. 232.

gewagt es ist, aus der Untersuchung von nur fünf Varietäten, von denen vier in einem engen Bezirk vorkommen, drei verschiedene Formeln für ein Mineral abzuleiten, und eine Eintheilung für alle Varietäten desselben darauf zu gründen. Aufserdem sey hier im Voraus bemerkt, dafs ich unter meinen dreifsig Turmalinen keinen einzigen kohlensäurehaltigen gefunden habe, dafs ich dagegen das *Fluor*, welches Hermann läugnet, direct nachgewiesen, und *Phosphorsäure* in vielen Fällen aufgefunden habe.

Auch gegen Hermann's analytische Methoden dürften sich Einwände erheben lassen. Die Methode, für die Alkalibestimmungen das Mineral mittelst Flufsspath und Schwefelsäure zu zersetzen, würde er gewifs nicht gewählt haben, wenn ihm die leichte Zerlegbarkeit des *geglühten* Turmalins durch reine Fluorwasserstoffsäure bekannt gewesen wäre. Er fand stets nur Spuren von Kali, ich habe von diesem Alkali immer sehr wohl bestimmbare Mengen erhalten. Endlich bestimmte er das Lithion als phosphorsaures Natron-Doppelsalz, eine Methode, die nach meinen Erfahrungen [1]) ganz unrichtige Resultate geben kann, die wieder auf die durch Differenz gefundene Menge der Borsäure von Einflufs sind.

Methode der Analyse.

Immer ist es zur Beurtheilung von analytischen Resultaten nothwendig, die Art und Weise der Bestimmung der Bestandtheile zu kennen, besonders wenn diese zahlreich und schwer zu trennen sind. Freilich wird das Ergebnifs bei aller Gleichförmigkeit der äufseren Arbeit nicht in gleichem Grade richtig ausfallen, da es zum Theil von Zufälligkeiten abhängt, und man bei steter Wiederholung immer mehr Uebung erlangt, das Spätere mithin das Frühere an Zuverlässigkeit übertrifft.

Auf die *Beschaffenheit* des Materials wurde immer die gröfste Aufmerksamkeit verwendet, und ist sie im Nachfolgenden für jede Varietät speciell angegeben. Eine sorg-

1) Poggend. Ann. Bd. 66, S. 86.

fältige Trennung von der Masse beibrechender Mineralien oder des Gesteins ist oft sehr schwierig und mühsam, dennoch unerläſslich, wenn die Analyse Werth haben soll, um so mehr, als Niemand auſser dem Analytiker selbst darüber urtheilen kann. Hat man schon auf Rechnung unvollkommener Reinheit manche Differenzen bei Mineralanalysen zu setzen, so ist dieſs vielleicht noch öfter *wegen des veränderten theilweise umgewandelten Zustandes vieler Mineralien* zu thun, wie in neuester Zeit von G. Bischof mit vollem Recht behauptet wurde, und da ist es freilich oft sehr schwer, zu unterscheiden, ob der ursprüngliche Zustand des Minerals noch vorhanden sey. Denn die äuſsere Form, selbst Glanz und Spaltbarkeit können, wie die Erfahrung gezeigt hat, bleiben oder doch nur unmerklich sich ändern, und es bedarf groſser Aufmerksamkeit auf Härte, Beschaffenheit der *inneren* Masse, Wassergehalt u. s. w., um bisweilen ein in partieller Umwandlung begriffenes Mineral als solches zu erkennen.

Ich habe mich bemüht, nur solche Turmaline zu untersuchen, die frisch und unverändert erscheinen, will aber natürlich nicht behaupten, daſs sie alle es in gleichem Grade gewesen seyen. Die jeder Abänderung beigegebene Charakteristik dürfte zu einem Urtheil hierüber Anlaſs geben können. Deshalb muſste ich aber auch einige sehr schön krystallisirte Abänderungen, wie z. B. die von Käringbricka in Schweden, und vom Hörlberg in Baiern ausschlieſsen, deren Masse sichtlich eine Veränderung erlitten hat. Nur der rothe von Lepidolith begleitete Turmalin von Rozena, der gleichfalls unzweifelhaft verändert ist, macht den Beschluſs in der Reihe der aufzuführenden Analysen.

Die Bestimmung des specifischen Gewichts hatte für die vorliegende Arbeit groſse Wichtigkeit. Sie geschah, indem eine unbestimmte Menge des groben Pulvers, von dem das feine sorgfältig abgesiebt worden, in einem Platinschälchen mit Wasser gekocht wurde, worauf alle staubigen Partikeln durch mehrfaches Eintauchen des Schälchens in Wasser sich leicht fortschlämmen lassen. An Platindrähten auf-

gehängt, wurde hierauf das Ganze in Wasser gewogen, und zuletzt das absolute Gewicht der Probe durch Verdampfen des Wassers im Schälchen und Trocknen des Pulvers in gelinder Wärme bestimmt.

Das Löthrohrverhalten, welches gleichfalls in gewisser Hinsicht für die einzelnen Varietäten bezeichnend ist, wurde durch Erhitzen dünner Splitter in der Plantinzange ermittelt.

Da sämmtliche Bestandtheile der Turmaline nicht in einer und derselben Probe sich bestimmen lassen; so ist die vollständige Analyse nothwendig das Resultat der Combination mehrerer Proben, die ich im Folgenden näher angeben will.

1. *Das Glühen mit kohlensaurem Alkali.* Das feingepulverte und durch Erhitzen fast bis zum Glühen getrocknete Pulver wurde mit der dreifachen bis vierfachen Menge von kohlensaurem Natron allein oder von einem Gemenge desselben mit kohlensaurem Kali (beide durch Erhitzen von Bicarbonat bereitet) innig gemischt, und über einer größeren Weingeistlampe mit Hülfe des von Plattner eingeführten Gebläses eine halbe Stunde lebhaft geglüht. Die Masse war zuweilen geschmolzen, zuweilen stark gesintert, stets aber vollständig zersetzt. Sehr häufig löste sie sich in verdünnter Chlorwasserstoffsäure ohne alle Abscheidung von Kieselsäure auf. Nach dem Abdampfen in einer Platinschale, Befeuchten mit etwas Säure, und Zusatz von Wasser wurde die Kieselsäure abfiltrirt, geglüht und gewogen, die Flüssigkeit aber mit zweifach kohlensaurem Kali gefällt, und aus dem Filtrat Kalkerde, (Mangan) und Talkerde auf gewöhnliche Art abgeschieden. Den Niederschlag kochte man zweimal mit reiner Kaliauflösung, fällte die Thonerde durch Chlorwasserstoffsäure und kohlensaures Ammoniak, wusch sie mit heifsem Wasser, und bestimmte nach dem Trocknen und Glühen ihr Gewicht. Bei dem Reichthum der Turmaline an dieser Erde ist es kaum möglich, den voluminösen Niederschlag vollständig auszuwaschen. Deshalb wurde er nach dem Glühen nochmals mit Wasser

gewaschen. Diefs reagirte dann oft alkalisch, enthielt kohlensaures Kali, und noch etwas Thonerde, die man dadurch gewann, dafs man es mit Säure sättigte, abdampfte, und nach dem Wiederauflösen mit Ammoniak fällte. Die Thonerde wurde von neuem gewogen, und dann mit gleichen Theilen Wasser und concentrirter Schwefelsäure in einem geräumigen Platintiegel erhitzt. Durch Wasser löste sich dann Alles bis auf etwas Kieselsäure auf, deren Gewicht bestimmt wurde [1])

Das in Kali Unlösliche löste man in Chlorwasserstoffsäure auf, neutralisirte die Auflösung mit Ammoniak, bis sie gelbroth erschien, setzte essigsaures Natron bis zur dunklen Färbung, und dann bernsteinsaures Ammoniak hinzu, worauf das Ganze im Sandbade erhitzt wurde, bis sich das bernsteinsaure Eisenoxyd vollständig abgeschieden hatte, welches man nach dem Erkalten auf ein Filtrum brachte, zuerst mit kaltem Wasser, dann mit Ammoniak und heifsem Wasser auswusch. Zuweilen geschah die Neutralisation durch kohlensaures Natron, und die Fällung des Eisens durch bernsteinsaures Natron. Zu dem Filtrat wurde dann Ammoniak gesetzt, hierauf Oxalsäure, um die Kalkerde zu fällen, die zuweilen Mangan enthielt, weshalb der schwach geglühte Niederschlag mit kalter sehr verdünnter Salpetersäure digerirt wurde. Bei gröfserem Mangangehalt wurde zur Abscheidung des letzteren Ammoniumsulfhydrat und starke Digerirwärme benutzt. Die Talkerde endlich bestimmte man mittelst phosphorsauren Natrons.

Bei den eisenfreien Turmalinen wurde das in Kali Unlösliche in Chlorwasserstoffsäure gelöst, mit Ammoniak und Ammoniumsulfhydrat ausgefällt, und dann auf beide Erden untersucht.

Zur Bestimmung der Alkalien wendet man sonst mit grofsem Vortheil reine *Fluorwasserstoffsäure* an. Aber schon Hermann bemerkt, dafs dieselbe den Turmalin nur schwie-

1) Die Anwendung der Schwefelsäure ist viel bequemer als die der Chlorwasserstoffsäure, in der die geglühte Thonerde sehr langsam auflöslich ist.

rig angreife. Ich habe gefunden, dafs von *fein geschlämmtem* Turmalinpulver nur 40 Proc. zersetzt wurden. Da man nicht wissen kann, ob das Unzersetzte die Natur des Minerals hat, so kann diese Methode ohne Weiteres beim Turmalin nicht benutzt werden. Ich wählte daher in der ersten Zeit meiner hierher gehörigen Untersuchungen, ehe ich wufste, dafs der Turmalin nach starkem Glühen sich wie andere Silicate durch Fluorwasserstoffsäure zerlegen läfst, kohlensauren Baryt zum Aufschliefsen, und Fluorwasserstoffsäure zur nachherigen Entfernung der Borsäure.

2. *Zersetzung durch kohlensauren Baryt und Fluorwasserstoffsäure.* Das feingeschlämmte Pulver wurde mit der 4—6fachen Menge kohlensauren Baryts stark geglüht, die Masse wie gewöhnlich behandelt, und die Kieselsäure abgeschieden. Da kein Schmelzen eintritt, so ist man von ihrer Reinheit niemals überzeugt. In der That löst sie sich in einer kochenden concentrirten Solution von kohlensaurem Natron niemals ganz auf, und es ist auch nicht richtig, das Unlösliche, welches oft etwas schwefelsauren Baryt enthält, für unzersetztes Mineral zu erklären, da es reicher an Kieselsäure ist. Nach Abscheidung des Baryts durch Schwefelsäure wurden Thonerde, Eisen etc. durch Ammoniak gefällt, das Filtrat abgedampft, der Rest zu Verflüchtigung der Ammoniaksalze erhitzt, und dann mit Fluorwasserstoff- und Schwefelsäure behandelt, um die Borsäure zu entfernen, worauf die Talkerde von den Alkalien getrennt wurde. Wie schon bemerkt, wurde diese umständliche Methode nur im Anfange meiner Untersuchungen benutzt.

3. *Zersetzung des geglühten Turmalins durch Fluorwasserstoffsäure.* Nur wenn man das Mineral einer starken Glühhitze (im Ofen bei Coaksfeuer) ausgesetzt hat, wobei die weiterhin zu beschreibende Entwicklung von Fluorverbindungen erfolgt, und der Turmalin entweder zu einer Art Bimsstein schmilzt, oder (wie die eisenfreien d. h. die rothen Abänderungen) porcellanartig wird, läfst sich das feine Pulver durch Fluorwasserstoffsäure zersetzen. Es wurde in einer Platinschale mit Wasser übergossen, und

in das Gemenge die gasförmige Säure 5—6 Stunden hineingeleitet; nach 12 stündigem Stehen dampfte man im Wasserbade fast bis zur Trockne ab, setzte Schwefelsäure hinzu, und erhitzte später über der Lampe bis zum schwachen Glühen der Schale. Durch Erhitzen mit Chlorwasserstoffsäure und Wasser löste sich die Masse dann gewöhnlich bis auf einen kleinen Rückstand, der aber niemals unzersetzter Turmalin war. Beim Glühen verbreitete er den Geruch von Fluorwasserstoffsäure, und mufste mit saurem schwefelsaurem Kali geschmolzen werden. In Wasser löste sich die Masse nun fast immer klar auf, und Ammoniak schlug dann Thonerde nieder. Es ist vielleicht ein basisches Fluoraluminium, welches von Säuren schwer angegriffen wird.

Aus der Auflösung der Basen des Turmalins fällte man zuerst durch Ammoniak Thonerde, Eisenoxyd etc. aus, und setzte zum Filtrat eine abgewogene Menge einer Oxalsäureauflösung, deren Gehalt bestimmt war. Die Oxalsäure selbst enthielt etwas Kali, und zwar in Folge besonderer Versuche so viel, dafs 1 Grm. der Auflösung, welcher 0,0625 der krystallisirten Säure entsprach, 0,0002375 Kali enthielt, welches bei der Kalibestimmung abgezogen werden mufste, Das Filtrat vom oxalsauren Kalk dampfte man zur Trockne ein, erhitzte den Rest zur Verflüchtigung der Ammoniaksalze, und kochte ihn eine Zeit mit Barytwasser, wodurch Talkerde (und Mangan) abgeschieden wurde. Nach Entfernung des Baryts durch reines und kohlensaures Ammoniak wurde die Auflösung der Alkalien abgedampft, mit Chlorwasserstoffsäure erhitzt, und die Chloride gewogen. Dann wurde das Kali durch Platinchlorid bestimmt, das platinhaltige alkoholische Filtrat mit Salmiak gefällt, filtrirt, abgedampft und geglüht. Blieb reines Chlornatrium übrig, so konnte diefs durch Auflösen und Verdampfen der Lösung, Umwandlung in schwefelsaures Salz, Färbung der Alkoholflamme etc. direct erkannt werden. War es aber mit Chlorlithium gemengt, in welchem Fall es schnell feucht wurde, so übergofs man die trocknen Chloride mit einem

Gemenge von 1 Vol. absolutem Alkohol und 2 Vol. Aether, liefs das Ganze einige Tage unter häufigem Schütteln stehen, und filtrirte auf ein gewogenes Filtrum das ungelöst bleibende Chlornatrium, dessen Gewicht sich ergab, wenn das Filtrum nach dem Trocknen und Wägen mit saurem Wasser gewaschen wurde, wobei etwas Platin darauf blieb. Die Natronlösung wurde stets auf Thonerde, Kalk- und Talkerde geglüht, und besonders letztere darin gefunden, alle aber ihrer Menge nach bestimmt.

4. *Bestimmung der relativen Menge von Eisenoxyd und Oxydul.* Ohne den Oxydations-Zustand des Eisens zu kennen, läfst sich beim Turmalin, wie in so vielen anderen Fällen, an die Berechnung einer Formel gar nicht denken, und doch ist eine solche Bestimmung sehr schwer, ja in aller Strenge für jetzt nicht möglich. Die von Forchhammer vorgeschlagene Methode, solche durch Säuren unzersetzbare Silicate in einer Platinretorte mit einer Mischung von Fluor- und Chlorwasserstoff- und Schwefelsäure zu kochen, und die Masse in eine Auflösung von Goldchlorid zu schütten, giebt, wie ich mich überzeugt habe, ganz unrichtige Resultate, da sich bei Einwirkung der Schwefelsäure auf Eisenoxydulsalze in der Hitze immer Eisenoxyd bildet; auch hätte sie auf den Turmalin keine Anwendung deshalb finden können, weil derselbe erst nach dem Glühen von Fluorwasserstoffsäure zersetzt wird, dann aber der Oxydationszustand des Eisens wohl nicht mehr der ursprüngliche ist.

Chenevix wandte zuerst *Borax* zum Aufschliefsen von Silicaten an, und Graf Schaffgotsch hat ihn in neuerer Zeit zur Analyse von kohlensauren, oxalsauren und salpetersauren Salzen empfohlen. Auch Hermann bediente sich seiner bei Untersuchung des Boraxglases, um Eisenoxyd und Oxydul zu bestimmen, und es ist diefs wirklich noch die beste Methode. Man mengt das Mineralpulver mit der 4—6 fachen Menge des gepulverten Boraxglases, indem man einen Theil davon als Decke anwendet, setzt den Platintiegel bedeckt in eine Platinretorte auf eine Unterlage

von kohlensaurer Talkerde (Magnesit), fügt ein Gasentwicklungsrohr an, welches ein wenig in Wasser taucht, und erhitzt über der Lampe mit Gebläse langsam bis zum starken Glühen, welches man eine halbe Stunde unterhält. Nach dem Erkalten wird der Tiegel gewogen, ein Theil des gut geflossenen Glases grob gepulvert, mit ausgekochtem Wasser und Chlorwasserstoffsäure in einem mit Kohlensäure gefüllten Kolben aufgelöst, und, mit Goldchlorid versetzt, einige Tage verschlossen hingestellt. Das mit Kieselsäure gemengte Gold digerirt man nach dem Wägen mit Königswasser, und bestimmt das Ungelöste. Ein anderer Theil des Glases wird auf ähnliche Art aufgelöst, und nach der Methode von Fuchs mit Kupferblechstreifen gekocht, um das Eisenoxyd zu bestimmen.

Da die Oxydulbestimmung mir genauer zu seyn scheint, so wurde diese vorzugsweise in Anwendung gebracht. Die Kupferprobe giebt oft bei Wiederholungen ziemlich abweichende Resultate, deren Grund man nicht einsieht.

Um die Methode zu prüfen, habe ich ein Silicat gewählt, welches beide Oxyde des Eisens enthält, und das durch Chlorwasserstoffsäure zersetzbar ist. Der *Lievrit* von Elba enthält nach v. Kobell's und meinen Versuchen 31 bis 34 Proc. Eisenoxydul, nach der Formel 33 Proc. 1,098 Grm., auf die erwähnte Art behandelt, gaben 0,2685 Gold, entsprechend 0,29535 Eisenoxydul oder 27 Proc. Es wurde also weniger erhalten, und diefs macht auf die ganze Eisenoxydulmenge $\frac{2}{11}$ oder 18 Proc. aus. Wenn man nun in anderen Fällen der Wahrheit näher kommt, so glaube ich doch, dafs man auf diese Art immer einen zu kleinen Gehalt an Eisenoxydul finden wird. Da die Turmaline aber viel weniger Eisen überhaupt enthalten, oft nur 4 bis 6, oder 12, seltener 18 Proc. in der Form von Oxyd, so hat der Fehler keinen sehr grofsen Einflufs, wenn er auch den Sauerstoff der Basen $\dot{R}$ vermindert. Der oben mitgetheilte Versuch würde z. B. bei 5 Proc. Eisenoxydul ein Minus von ungefähr 1 Proc. = 0,22 Sauerstoff herbeiführen.

5. *Bestimmung der Phosphorsäure.* Seit Svanberg und Struve im molybdänsauren Ammoniak ein vortreffliches Mittel, kleine Mengen Phosphorsäure zu finden, kennen gelehrt haben, ist es nicht schwer, diese Säure in sehr vielen Mineralien nachzuweisen. Diefs gelingt auch beim Turmalin, wenn man die bei der Analyse erhaltene Thonerde darauf untersucht. In der Regel sind es freilich nur Spuren, zuweilen aber wägbare Mengen. Ich habe dann die Auflösung der Thonerde mit Weinsteinsäure, Ammoniak und einem Talkerdesalz versetzt, und die Quantität der phosphorsauren Talkerde nach dem Glühen bestimmt.

6. *Prüfung auf einen Gehalt an Kohlensäure.* Wie schon bemerkt, will Hermann in den meisten Turmalinen *Kohlensäure* gefunden haben, und zwar $1\frac{2}{3}$ bis $2\frac{1}{2}$ Proc. Nur mancher rothe Turmalin enthielt sie nicht. Offenbar könnte die Kohlensäure, da sie sich durch stärkere Säuren nicht austreiben läfst, kein Resultat späterer Umwandlung der Turmalinmasse seyn. Hermann führt an, dafs Splitter des Minerals in einer Boraxperle beim Erhitzen eine Gasentwicklung zeigen, die weder von Wasser noch von Fluorkiesel herrühre. Als er ausgesuchte Krystalle eines in Granit vorkommenden braunen Turmalins in einem Porcellanrohr sehr stark glühte, entstand bei der Temperatur, bei welcher das Mineral aufschwillt und schmilzt, plötzlich eine lebhafte, doch bald vorübergehende, Gasentwicklung; das Gas trübte Kalkwasser; der Niederschlag löste sich in Säuren mit Brausen auf, und Ammoniak erzeugte ihn nicht wieder. Er betrachtet demzufolge Kohlensäure als den Grund, weshalb die meisten Turmaline in starker Hitze sich so bedeutend aufblähen, und bestimmte ihre Menge einfach durch den dabei stattfindenden Gewichtsverlust, der demjenigen gleich ist, welcher beim Zusammenschmelzen mit Boraxglas sich zeigt.

Hiernach hat es in der That den Anschein, als sey die Kohlensäure in den Turmalinen durch entscheidende Versuche nachgewiesen, obwohl schon früher C. Gmelin durch

Glühen von Turmalinpulver mit Kupferoxyd keine Spur Kohlensäure bemerken konnte.

Ich habe mir viele Mühe gegeben, diese Angaben Hermann's zu prüfen, kann sie aber durchaus nicht bestätigen. *Kein einziger der von mir untersuchten Turmaline enthält eine Spur Kohlensäure.* Zwar ist es richtig, daſs beim Schmelzen des Turmalins mit Borax, so wie bei heftigem Glühen des Minerals für sich ein Verlust durch das Entweichen flüchtiger Stoffe stattfindet, der von 1,8 bis fast 4 Proc. variirt. Allein er besteht nicht in Kohlensäure. Es wurde grobes Turmalinpulver in einem Porcellanrohr bei Coaksfeuer bis zum Schmelzen erhitzt, und weder in einem angefügten graduirten Rohr über Quecksilber ein merkliches Gasvolum erhalten, noch in Kalk- oder Barytwasser eine Trübung bemerkt; nur die in dem Apparat enthaltene Luft trat bei jenem Zeitpunkte lebhafter heraus.

Dagegen habe ich in allen darauf geprüften Turmalinen *Fluor* gefunden, welches die früheren Untersucher, gleich wie Hermann, übersehen haben, wiewohl es nicht schwer ist, sich von seiner Gegenwart zu überzeugen.

Glüht man nämlich ein Gemenge von Turmalinpulver und geschmolzenem Phosphorsalz auf einem in eine offene Glasröhre halb eingeschobenen Streifen Platinblech vor dem Löthrohr auf die bekannte Art, so wird das Glas merklich trübe und ein feuchtes Fernambukpapier gelb.

Wenn man Turmalin mit kohlensaurem Alkali schmilzt, die Masse auslaugt, die Flüssigkeit mit kohlensaurem Ammoniak digerirt, und dann, nach Uebersättigen mit Chlorwasserstoffsäure, mit Ammoniak und Chlorcalcium vermischt, so erhält man allerdings oft keinen Niederschlag. Allein dieſs hat seinen natürlichen Grund theils in der Löslichkeit des Fluorcalciums in Ammoniaksalzen, theils in dem Gehalt der Turmaline an Fluorborverbindungen, welche, wie es scheint, durch das Schmelzen nicht oder nicht vollständig zerlegt werden. Denn ich habe mehrfach gesehen, daſs der mit Wasser ausgelaugte Rückstand, nachdem er

in gelinder Wärme durch Chlorwasserstoffsäure zerlegt, und die Kieselsäure abgeschieden war, mit Ammoniak eine Thonerdefällung gab, die mit concentrirter Schwefelsäure deutliche Glasätzung hervorbringt. In manchen Turmalinen, z. B. dem rothen von Rozena, ist übrigens die Menge des Fluors so bedeutend, dafs man durch Fällung mit Chlorcalcium, wenn man sich der Methode von H. Rose [1]) bedient, und Ammoniak ausschliefst, ziemlich viel Fluorcalcium erhalten kann.

6. *Bestimmung des Fluors durch Glühen des Turmalins.* Wenn die Turmaline Fluor enthalten, so ist es klar, dafs bei starkem Glühen Fluorkiesel oder Fluorbor oder beide entweichen. In der That, wenn man eine gröfsere Menge (ich wandte den rothen Turmalin von Paris in Maine an) in einem Porcellanrohr stark glüht, so verändert er, wenn man die Hitze nicht auf einen gewissen Punkt steigert, sein Gewicht fast gar nicht. Dann aber erfolgt jene Abnahme, und man findet nach dem Erkalten des verschlossenen Rohrs an beiden Enden etwas von einer durch die Feuchtigkeit entstandenen stark sauren Flüssigkeit; spült man sie mittelst Wasser heraus, so schwimmen schillernde Blättchen von Kieselsäure darin. Mit kohlensaurem Natron schwach übersättigt und mit Chlorcalcium vermischt, giebt sie einen Niederschlag, der mit Schwefelsäure *glasätzende Dämpfe* liefert; Borsäure läfst sich nicht wahrnehmen. Es ist mithin erwiesen, *dafs beim Glühen des Turmalins Fluorkiesel entweicht* und dafs die Veränderung, welche der Turmalin dabei erleidet, das Aufschwellen insbesondere hierin seinen Grund hat. Wird aber alles Fluor auf diese Weise abgeschieden, und besteht der Gewichtsverlust nur aus Fluorkiesel? diese Fragen lassen sich nicht beantworten. Jenes möchte ich glauben, da Forchhammer auf gleiche Weise in der Hitze, wobei Roheisen schmilzt, das Fluor im Topas und Pyknit quantitativ bestimmt hat [2]). Schon Klaproth

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 112.
2) Journ. f. pract. Chem. Bd. 30, S. 400.

roth fand, dafs der Topas beim Glühen 20 Proc. verliert. Forchhammer fand 23—23,5—24,8 Proc., und wenn man diesen Verlust als Fluorkiesel ansieht, so stimmt der so berechnete Gehalt von Fluor mit dem direct bestimmten überein. Der *Pyknit* verliert nach Klaproth 25 Proc. (= 17,91 Fluor), während er nach Berzelius 16,24, nach Forchhammer 18,48 Proc. Fluor enthält. Dafs aber die Temperatur hinreichend hoch seyn müsse, um alles Fluor auszutreiben, ergiebt sich aus einem Versuche, wonach 4,8 Grm. Pyknit, die ich in doppelten Platintiegeln im Windofen zwischen Coaks glühte, nur 15 Proc., entsprechend 10,75 Proc. Fluor, verloren hatten.

Da der Turmalin nur ein wenig hygroskopische Feuchtigkeit enthält, und die zum Glühen bestimmten Proben vorher über der Lampe schwach geglüht, und dann erst gewogen wurden, so dürfte wenigstens Wasser nicht mit in jenem Gewichtsverlust enthalten seyn. Ich habe deshalb die Annahme gewagt, dafs derselbe die Quantität des im Turmalin enthaltenen Fluors liefere, indem 100 Theile, als Fluorkiesel betrachtet, = 71,66 Fluor sind.

Dieser Fluorgehalt ist natürlich die Ursache, dafs man bei der Analyse des Turmalins etwas zu wenig Kieselsäure erhält, weil beim Abdampfen der sauren Flüssigkeit Fluorkiesel fortgeht. Deshalb tritt auch bei der Bestimmung der Kieselsäure im geglühten Turmalin der Unterschied in dem Gehalt wenig oder gar nicht hervor, wie viele der später mitzutheilenden Analysen darthun, obwohl er, wenn durchs Glühen eine gewisse Menge Kiesel verflüchtigt ist, um eine entsprechende Gröfse sich vermindert zeigen sollte.

7. *Bestimmung der Borsäure.* Es wäre von grofsem Interesse gewesen, für die Analyse der Turmaline eine genaue Bestimmung der Borsäure vornehmen zu können. Ich habe mehrfache Versuche gemacht, sie durch Basen abzuscheiden, obwohl ganz vergeblich, da kein borsaures Salz unauflöslich oder unzersetzbar durch Wasser ist. Bei der Anwesenheit von Fluor wird die Abscheidung der Säure noch schwieriger.

Berzelius schlug vor, die nach dem Glühen des borsäurehaltigen Silicats mit kohlensaurem Alkali durch Wasser erhaltene Flüssigkeit mit Fluorwasserstoffsäure zu übersättigen, essigsaures Kali und dann starken Alkohol hinzuzusetzen, und die Menge des niederfallenden Borfluorkaliums zu bestimmen. Ich habe diese Methode einigemal versucht, aber gefunden, dafs sich mit diesem Salze auch Fluorkalium niederschlägt, und dafs, wenn man mit Wasser auswäscht, eine stetige Gewichtsabnahme des Niederschlags eintritt, so dafs es nur Zufall ist, wenn man ein richtiges Resultat erhält. Ein solches scheint der rothe Turmalin von Elba (s. weiter unten) gegeben zu haben.

Bei dem rothen Turmalin von Paris habe ich einen anderen Weg versucht, nämlich die durch Auslaugen des mit Alkali geglühten Minerals mit Wasser erhaltene Flüssigkeit nach wiederholter Digestion mit kohlensaurem Ammoniak zur Trockne einzudampfen, und den Rest mit starker Schwefelsäure zu zersetzen. Heifser Alkohol löste dann die Borsäure auf, die mit Ammoniak gesättigt und abgedampft wurde. Aber obgleich ihre Quantität sehr gut der berechneten Menge entspricht, so dürfte diefs noch nicht immer der Fall seyn, besonders wenn Fluor zugegen ist.

Die Borsäure mufste daher fast in allen Fällen aus dem Verlust berechnet werden.

In dem Folgenden sind nun die Resultate der Analysen mitgetheilt, nachdem die äufsere Beschaffenheit jeder Abänderung, ihr specifisches Gewicht, Verhalten vor dem Löthrohr und im Windofen angeführt ist. Was das letztere betrifft, so wurden die Turmaline in Form ganz kleiner Stückchen oder groben Pulvers in einen Platintiegel gebracht, dieser in einen gröfseren, und dieser wiederum auf einer Unterlage von Talkerde in einen bedeckten hessischen Tiegel gestellt, den man im Windofen eine Stunde lang zwischen Coaks einer starken Glühhitze aussetzte.

Die analytischen Angaben sind mit Weglassung der Details sogleich in Procenten berechnet. Um aber bei etwai-

gen späteren Atomgewichtsänderungen die nöthigen Correctionen anbringen zu können, stelle ich hier die von mir gebrauchten Werthe zusammen:

Kieselsäure, $\dddot{Si}$, = 577,31; = 51,96 Proc. Sauerstoff.
Borsäure, $\dddot{B}$, = 436,2; = 68,78 Proc. Sauerstoff.
Fluor, Fl, = 233,8.
100 Fluorkiesel = 71,66 Fluor.
Thonerde, $\dddot{Al}$ = 642,33; = 46,7 Proc. Sauerstoff.
Eisenoxyd, $\dddot{Fe}$, = 1001,05; = 29,97 Proc. Sauerstoff.
Eisenoxydul, $\dot{Fe}$, = 450,53; = 22,2 Proc. Sauerstoff.
100 Kupfer = 126,5 Eisenoxyd.
100 Gold = 109,94 Eisenoxydul.
Manganoxyd, $\dddot{Mn}$, = 991,77; = 30,25 Proc. Sauerstoff.
Manganoxydul, $\dot{Mn}$, 445,89; = 22,43 Proc. Sauerstoff.
100 $\dot{Mn}\dddot{Mn}$ = 93,044 $\dot{Mn}$
= 103,48 $\dddot{Mn}$.
Talkerde, $\dot{Mg}$ = 254,5; = 39,3 Proc. Sauerstoff.
100 $\dot{Mg}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ = 36,32 $\dot{Mg}$.
Kalkerde, $\dot{Ca}$, = 351,5; = 28,45 Proc. Sauerstoff.
100 $\dot{Ca}\ddot{C}$ = 56,07 $\dot{Ca}$.
Natron, $\dot{Na}$, = 390,9; = 25,58 Proc. Sauerstoff.
100 Na Cl = 53,24 $\dot{Na}$.
Kali, $\dot{K}$, = 588,85; = 16,98 Proc. Sauerstoff.
100 K Cl + Pt Cl^2 = 19,29 $\dot{K}$
= 30,54 K Cl.
Lithion, $\dot{Li}$, = 182,03; = 54,93 Proc. Sauerstoff.
100 Li Cl = 34,65 $\dot{Li}$.

Resultate der Analysen.

No. 1.

Brauner Turmalin von Gouverneur, St. Lawrence County, New-York, in den vereinigten Staaten.

Nach Dana [1]) kömmt dieser Turmalin am genannten Orte, von Apatit und Skapolith begleitet, im körnigen Kalk vor. Nach Demselben sind die Krystalle oft sehr flächenreich, und bilden neunseitige Prismen, begränzt am einen Ende von dem Hauptrhomboëder und dem ersten schärferen, am anderen vom Hauptrhomboëder und dem ersten stumpferen. G. Rose, welcher die Krystallform und das elektrische Verhalten dieser Varietät genauer untersucht hat [2]), fand an ihr fast alle Flächen, die überhaupt beim Turmalin vorkommen, neben mehreren neuen. Denn aufserdem, dafs die Seitenflächen vorherrschend ein dreiseitiges Prisma, sodann das zweite sechsseitige Prisma, das andere dreiseitige, das zwölfseitige und den Hälftflächner eines anderen zwölfseitigen Prismas zeigen, treten von Endflächen das Hauptrhomboëder, das erste und zweite schärfere und das erste stumpfere, ein Rhomboëder $\frac{1}{5}a' : \frac{1}{5}a' : \infty a : c$, so wie vier Skalenoëder auf, von denen $\frac{2}{3}a : \frac{1}{2}a : 2a : c$ und $\frac{1}{3}a : \frac{1}{4}a : a : c$ neu sind.

Die von mir untersuchten Exemplare verdanke ich dem Hrn. Dr. Tamnau. Der Turmalin bildet an ihnen undeutliche Krystalle und krystallinische Massen von einer rothbraunen Farbe, wie sie mancher Granat zeigt. Er liegt in grofsblätterigem *Strahlstein*, und von diesem durchwachsen, der hier und da von Spuren gelbgrünen Epidots begleitet ist, und dessen Analyse weiter unten folgt.

Das specifische Gewicht fand sich $= 3{,}049$.

Vor dem Löthrohr schmilzt er leicht unter Aufschwellen zu einem weifsen blasigen Email und färbt die Flamme gelb.

Im Ofen geglüht, schmilzt er zu einer theils vollkom-

1) *Syst. of Min. II. Edit. p.* 390.

2) Abhandl. der K. Acad. d. Wiss. zu Berlin vom Jahre 1843. Ueber die Pyroelektricität der Mineralien, von P. Riefs und G. Rose. S. 68.

men geflossenen, theils blasigen weifsen Masse, welche ein viel gröfseres Volum einnimmt. Der Gewichtsverlust betrug 3,19 p. C., entsprechend 2,28 Fluor. 100 Th. des geglühten Minerals sind hiernach =103,3 des ungeglühten.

a. Analyse mit kohlensaurem Natron und Kali.

b. Desgl. des geglühten Minerals [1]).

c. Wiederholung von *b* mit Anwendung von kohlensaurem Natron allein.

d. Analyse des geglühten Minerals mit Fluorwasserstoffsäure.

b', *c'*, *d'*, sind die Berechnungen von *b*, *c* und *d* auf das ungeglühte Mineral.

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*b'.*	*c'.*	*d'.*
Phosphorsäure	Spur						
Kieselsäure	38,59	40,34	40,18		39,05	38,90	
Thonerde	33,41		31,47	31,08		30,47	30,09
Eisenoxyd	1,13		1,28	1,43		1,28	1,39
Talkerde	14,86		15,21	15,58		14,72	15,09
Kalkerde	1,65		1,72	1,51		1,67	1,46
Natron				1,32			1,28
Kali				0,27			0,26

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	2,28		
	Phosphorsäure	Spur		
a. b'. c'.	Kieselsäure	38,85	20,18	25,85
	Borsäure	8,25	5,67	
a. c'. d'.	Thonerde	31,32	14,62	15,00
	Eisenoxyd	1,27	0,38	
	Talkerde	14,89	5,85	6,67
	Kalkerde	1,60	0,45	
	Natron	1,28	0,33	
	Kali	0,26	0,04	
		100.		

Der diesen Turmalin begleitende weifse *Strahlstein* hat ein spec. Gew. =3,00, und enthält:

1) Nur die Kieselsäure bestimmt.

			Sauerstoff.
Kieselsäure	57,40	29,82	30,46
Thonerde	1,38	0,64	
Talkerde	24,69	9,71	13,96
Kalkerde	13,89	3,95	
Eisenoxydul	1,36	0,30	
Wasser	0,40		
	99,12.		

Das für die Hornblende geltende Sauerstoffverhältniſs 4 : 9 würde 13,54 : 30,46 seyn.

No. 2.

Brauner Turmalin von Windisch-Kappel in Kärnthen.

Das Vorkommen dieser schönen Abänderung scheint nicht genau bekannt zu seyn. Die kurzen und dicken Krystalle werden von dem neunseitigen Prisma, dem Haupt- und dem ersten schärferen Rhomboëder gebildet. Ich erhielt Exemplare theils von Hrn. Bergrath Haidinger, theils von Hrn. Dr. Tamnau. Es sind Bruchstücke ohne Endflächen, gelbbraun gefärbt, durchsichtig; zuweilen schlieſst ein scharf abschneidender dunklerer Mantel einen helleren Kern ein, oder Parthieen beider Art durchdringen sich gegenseitig. In Höhlungen der Oberfläche so wie im Inneren findet man einzelne silberweiſse Glimmerblättchen.

Das spec. Gew. ist = 3,035.

Vor dem Löthrohr schmilzt dieser Turmalin ziemlich leicht zu einem weiſsen blasigen Glase.

Im Ofen geglüht, schmilzt er unter starkem Aufschwellen zu einer weiſsen bimssteinartigen Masse, und verliert dabei 2,93 Proc., entsprechend 2,1 Fluor. 100 geglühter sind hiernach = 103,02 ungeglühten Turmalins.

a. Mit kohlensaurem Natron. Die Masse war gesintert.

b. Desgleichen.

c. Geglühter T. mit Fluorwasserstoffsäure.

c'. Berechnung von *c* auf ungeglühtes Mineral.

	a.	b.	c.	c'.
Phosphorsäure	0,12			
Kieselsäure	38,48	37,67		
Thonerde	37,37	34,05	35,40	34,37
Eisenoxyd	1,31	1,81	1,09	1,06
Manganoxyd	0,10			
Talkerde	10,34 [1]	11,30	11,47	11,14
Kalkerde	0,71	0,51	0,60	0,60
Natron			2,44	2,37
Kali			0,48	0,47

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	2,10		
	Phosphorsäure	0,12		
a. b.	Kieselsäure	38,08	19,78	26,23
	Borsäure	9,39	6,45	
b. c'.	Thonerde	34,21	15,97	16,40
a. b. c'.	Eisenoxyd / Manganoxyd	1,43	0,43	
b. c'.	Talkerde	11,22	4,41	5,26
a. b. c'.	Kalkerde	0,61	0,17	
c'.	Natron	2,37	0,60	
	Kali	0,47	0,08	
		100.		

No. 3.

Turmalin von Eibenstock in Sachsen.

Ganze Massen, aus vielen kleinen concentrischstrahlig gruppirten Prismen zusammengesetzt, die im Ganzen dunkelgrün erscheinen, aber theils farblos, theils mit röthlicher oder grüner Farbe durchsichtig sind. Sehr zerbrechlich. Spuren anhängenden verwitterten Feldspaths deuten auf ein Vorkommen in Granit. Ich erhielt das Mineral durch Hrn. Bergrath Haidinger.

1) Eine kleine Menge ging verloren.

Das specifische Gewicht ist = 3,034.

Vor dem Löthrohr bläht sich dieser Turmalin auf, und schmilzt leicht zu einer weifsen blasigen Perle.

Im Ofen schmilzt er zu einer gelblichweifsen aufgeschwollenen Masse, und verliert dabei 3,5 Proc., entsprechend 2,51 Proc. Fluor. 100 Th. des geglühten Minerals sind = 103,63 des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Natron-Kali.

b. Geglühter mit kohlensaurem Natron.

c. Desgl. mit Fluorwasserstoffsäure.

b' und *c'* sind *b* und *c*, auf ungeglühtes Mineral berechnet.

Eine Probe auf Eisenoxydul mittelst Goldchlorid in der Auflösung des mit Borax geschmolzenen Pulvers gab ein negatives Resultat.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*	*c'.*
Kieselsäure	37,83	30,01	37,67		
Thonerde	30,78	32,32	31,19	31,72	30,61
Eisenoxyd	4,85	5,03	4,85	nicht	bestimmt
Talkerde	12,28	11,88	11,47	11,51	11,11
Kalkerde	0,71	0,77	0,74	1,22	1,18
Natron				2,35	2,27
Kali				0,31	0,30.

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	2,51		
a.	Kieselsäure	37,83	19,65	25,75
	Borsäure	8,88	6,10	
a. b'. c'.	Thonerde	30,86	14,41	15,86
	Eisenoxyd	4,85	1,45	
	Talkerde	11,62	4,56	5,44
	Kalkerde	0,88	0,25	
c'.	Natron	2,27	0,58	
	Kali	0,30	0,05	
		100.		

Der von **Klaproth** und später von **C. Gmelin** untersuchte Turmalin von Eibenstock ist eine andere schwarze Varietät, die mit Quarz zusammen vorkommt, und bei einem hohen Eisengehalt nur eine ganz geringe Menge Talkerde enthält.

No. 4.

Brauner Turmalin von Orford, New-Hampshire in den vereinigten Staaten.

Von Hrn. Prof. **Silliman** jun. erhielt ich Krystalle von dieser Localität, sechs- und neunseitige Prismen, von ansehnlicher Gröfse, zum Theil mehre Zoll im Durchmesser haltend, an den Enden verbrochen. Ihre Farbe ist braunschwarz; dünne Splitter sind mit braungelber Farbe durchsichtig. Auch sie haben zuweilen einen dunkleren Kern, dessen Gränze den Prismenflächen parallel geht. Sie liegen in einem grünlichgrauen Talkschiefer, und es sind ihre Flächen da, wo der letztere sie bedeckt, obwohl glänzend, doch uneben und mit regelmäfsigen dachziegelartigen Eindrücken versehen. Blättchen von Talk oder Glimmer sind einzeln in der Turmalinmasse zerstreut.

Das spec. Gewicht ist nach zwei Versuchen = 3,051 und 3,085; (Mittel = 3,068).

Vor dem Löthrohr schmilzt er unter Aufschwellen zu einer weifsen feinblasigen Schlacke.

Im Ofen liefert er eine graue geschmolzene Masse, wobei er 3,49 Proc. verliert, entsprechend 2,5 Fluor. 100 Th. des geglühten sind = 103,63 des ungeglühten Minerals.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Desgleichen.

c. Mit kohlensaurem Baryt und Fluorwasserstoffsäure.

d. Geglühtes Mineral mit Fluorwasserstoffsäure.

d'. Berechnung von *d* auf ungeglühtes Mineral.

e. Eisenoxydulbestimmung mittelst Goldchlorid.

f. Bestimmung von Kieselsäure, Phosphorsäure und Borsäure, letztere als Borfluorkalium.

	a.	b.	c.	d.	d'.	e. f.
Phosphorsäure						0,24
Borsäure						9,86
Kieselsäure	38,45	38,00	nicht best.			38,53
Thonerde	34,16	30,60	32,75	33,72	32,54	
Eisenoxyd	3,29	3,63	2,62	3,37	3,25	Ḟe 0,12
Talkerde	10,22	11,22	10,78	13,36	12,89	
Kalkerde	0,64		0,90			
Natron / Kali			1,41	1,69	1,63	

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	2,50		
	Phosphorsäure	0,24		
a. b. e. f.	Kieselsäure	38,33	19,91	26,69
	Borsäure	9,86	6,78	
a. b. c. d'.	Thonerde	33,15	15,48	16,40
	Eisenoxyd	3,07	0,92	
e. f.	Eisenoxydul	0,12	0,02	4,91
a. b. c. d'.	Talkerde	10,89	4,28	
a. c.	Kalkerde	0,77	0,22	
c. d'.	Natron / Kali	1,52	0,39	
		100,45.		

No. 5.

Brauner Turmalin von Monroe in Connecticut in den vereinigten Staaten.

Einzelne und mit einander verwachsene Krystalle von ansehnlicher Gröfse, das neunseitige Prisma mit dem Hauptrhomboëder am einen, dem ersten stumpferen am anderen Ende [1]). Sie kommen im Glimmer- und Talkschiefer vor. Ihre Flächen sind glatt und glänzend, nur die des ersten stumpferen Rhomboëders erschienen rauh, und von den Eindrücken des Schiefers wie zerfressen. Dünne Split-

1) S. Dana System. S. 389.

ter sind mit rothbrauner Farbe durchscheinend. Auf den Ablösungsflächen bemerkt man einzelne Glimmerblättchen. Die untersuchten Exemplare verdanke ich Hrn. Silliman.

Das spec. Gewicht ist = 3,068.

Vor dem Löthrohr schmilzt dieser Turmalin ziemlich leicht zu einer weifsen blasigen Schlacke.

Im Ofen verwandelt er sich in eine aufgeschwollene grauweifse Masse, wobei er 3,32 Proc. verliert, = 2,38 Fluor, so dafs 100 Th. des geglühten = 103,43 des ungeglühten sind.

a. Mit kohlensaurem Kali-Natron. Geschmolzene hellgrüngelbe Masse, die mit Wasser und Chlorwasserstoffsäure eine klare Auflösung gab.

a. Geglühter T. mit Fluorwasserstoffsäure.

b'. Berechnung von *b* auf ungeglühte Substanz.

c. Eisenoxydulbestimmung mittelst Goldchlorid.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*
Kieselsäure	39,01			
Thonerde	31,71	31,70	30,65	
Eisenoxyd	5,13	6,36	6,15	$\dot{F}e$ 0,98
Talkerde	9,92	10,22	9,88	
Kalkerde	1,81	2,73	2,64	
Natron		1,88	1,82	
Kali		0,45	0,44.	

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	2,38		
	Kieselsäure	39,01	20,27	28,48
	Borsäure	9,04	6,21	
a. b'.	Thonerde	31,18	14,56	15,59
	Eisenoxyd	3,44	1,03	
	Eisenoxydul	0,98	0,22	5,15
	Talkerde	9,90	3,89	
	Kalkerde	1,81	0,51	
	Natron	1,82	0,46	
	Kali	0,44	0,07	
		100.		

No. 6.

Schwarzer Turmalin vom Zillerthal in Tyrol.

Schwarze neunseitige Prismen, an denen das dreiseitige vorherrscht, mit verbrochenen Enden, in weifsem hartem körnigem Talk liegend, hie und da von grünem Strahlstein begleitet. Die Flächen sind theils glatt und glänzend, theils rauh und drusig. Dünne Bruchstücke sind vollkommen durchsichtig, und zwar in senkrechter Richtung auf die Hauptaxe mit nelkenbrauner, ins violette fallender Farbe, parallel derselben mit grüner Farbe. Ihr Pulver ist grau. Die untersuchten Exemplare erhielt ich von Hrn. Haidinger.

Ihr spec. Gewicht ist = 3,054.

Vor dem Löthrohr schmilzt dieser Turmalin mit starkem Glanz und unter Aufblähen ziemlich leicht zu einem weifsen schaumigen Glase.

Im Ofen gab er eine sehr aufgeschwollene bimssteinartige grauweifse Masse, und hatte 3,54 Proc. verloren, entsprechend 2,5 Fluor, so dafs 100 Th. des geglühten Minerals = 103,67 des ungeglühten sind.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Geglühter desgl.

b'. Berechnung von *b* auf das ungeglühte Mineral.

c. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

c'. Berechnung von *c* auf das ungeglühte Mineral.

d. Bestimmung des Eisenoxyds mit Kupfer, und des Oxyduls mit Goldchlorid.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*	*c'.*	*d.*
Phosphorsäure	0,24					
Kieselsäure	37,94	38,90	37,52			
Thonerde	32,98	37,19	35,87	35,56	34,30	
Eisenoxyd	2,91	3,57	3,44	3,36	3,24	2,00
Talkerde	10,44	11,10	10,71	10,61	10,23	$\dot{F}e$ 0,37
Kalkerde	1,13	1,06	1,02	0,80	0,79	
Natron				2,21	2,13	
Kali				0,38	0,37	

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	2,50		
	Phosphorsäure	0,24		
a.	Kieselsäure	37,94	19,71	25,61
	Borsäure	8,58	5,90	
a. c'.	Thonerde	33,64	15,71	16,55
a. b'. c'.	Eisenoxyd	2,79	0,84	
d.	Eisenoxydul	0,37	0,08	5,07
a. b'. c'.	Talkerde	10,46	4.11	
	Kalkerde	0,98	0,28	
	Natron	2,13	0,54	
	Kali	0,37	0,06	
		100.		

No. 7.

Schwarzer Turmalin von Godhaab in Grönland.

Bruchstück eines gröfseren Krystalls, welcher hauptsächlich von dem sechsseitigen Prisma gebildet wurde, zu dem untergeordnet das dreiseitige hinzutrat; die Rhomboëderflächen der Enden undeutlich, die Seitenflächen glatt und glänzend. In Höhlungen gelbliche Glimmerblättchen. Im Innern der scheinbar ganz frischen sehr harten Masse einzelne schwarze Glimmerlamellen und kleine Parthieen eines weifsen blättrigen Minerals. Dünne Splitter sind an den Rändern theils mit grünblauer, theils mit bräunlich violetter Farbe durchscheinend. Das Pulver ist bläulich grau. Das untersuchte Exemplar erhielt ich aus dem K. Mineralienkabinet zu Berlin.

Spec. Gewicht = 3,072.

Vor dem Löthrohr schmilzt er unter starkem Leuchten und Aufblähen zu einer weifsen feinblasigen Schlacke.

Im Ofen gab er eine geschmolzene, aufgeblähte poröse gelbliche Masse, und verlor dabei 3,108 Proc., entsprechend 2,23 Fluor, so dafs 100 Th. des geglühten = 103,21 des ungeglühten Turmalins sind.

a. Mit kohlensaurem Natron-Kali.
b. Desgleichen später.
c. Mit kohlensaurem Baryt und Fluorwasserstoffsäure.
d. Geglühter mit kohlensaurem Natron.
d'. Berechnung von *d* auf ungeglühtes Mineral.
e. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.
e'. Berechnung von *e* auf ungeglühtes Mineral.
f. Eisenoxydulbestimmung mit Goldchlorid.

	a.	*b*.	*c*.	*d*.	*d'*.	*e*.	*e'*.	*f*.
Phosphorsäure			0,11					
Kieselsäure	36,88	38,24	37,97	38,92	37,71			
Thonerde	37,18	34,92	34,26	38,75	37,55	35,51	34,40	
Eisenoxyd mit etwas Mangan	4,73	4,60	5,25			5,21	5,05	Fe0,25
Talkerde	10,05	9,55	9,42	9,74	9,44	9,37	9,08	
Kalkerde		1,04	1,43	1,61	1,56	1,02	1,00	
Natron			1,69			2,37	2,30	
Kali			0,48			0,39	0,38.	

Zusammenstellung:

			Sauerstoff.	
	Fluor	2,23		
	Phosphorsäure	0,11		
a. b. c.	Kieselsäure	37,70	19,59	24,65
	Borsäure	7,36	5,06	
b. c. e'.	Thonerde	34,53	16,12	17,51
a. b. c. e'.	Eisenoxyd	4,63	1,39	
	Eisenoxydul	0,25	0,05	4,72
a. b. c. d'. e'.	Talkerde	9,51	3,74	
b. c. d'. e'.	Kalkerde	1,25	0,35	
c. e'.	Natron	2,00	0,51	
	Kali	0,43	0,07	
		100.		

No. 8.

Schwarzer Turmalin von Texas, Lancaster County in Pennsylvanien.

Sehr dünne sechsseitige Prismen ohne deutliche Endflächen, in einem grauweifsen harten talkartigen Gestein

ahlreich eingewachsen. Ihre Flächen sind sehr glatt und länzend. Sie sind mit dunkelgrüner Farbe durchscheinend. Von Hrn. Dr. Tamnau mitgetheilt.

Spec. Gewicht = 3,043.

Vor dem Löthrohr schmilzt dieser Turmalin ziemlich eicht mit starkem Leuchten zu einem blasigen grünlichweifsen Email.

Im Ofen gab er eine geschmolzene sehr aufgeblähte hell livengrüne Masse. Verlust = 3,3 Proc. = 2,36 Fluor. 00 Th. des geglühten = 103,4 des ungeglühten Minerals.

a. Mit kohlensaurem Kali-Natron.

b. Desgleichen.

c. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

c'. Berechnung von *c* auf ungeglühte Substanz.

Von Eisenoxydul fanden sich nur Spuren.

	a.	*b.*	*c.*	*c'.*
Phosphorsäure			0,21	0,20
Kieselsäure	37,66	39,24		
Thonerde	35,13	34,44	35,26	34,10
Eisenoxyd	3,48	3,14	3,42	3,31
Manganoxyd	0,09	9,62 (Manganoxyd + Talkerde)		
Talkerde	9,30		8,70	8,41
Kalkerde	0,66	0,88	0,60	0,59
Natron			2,06	2,00
Kali			0,76	0,73.

Zusammenstellung:

			Sauerstoff.	
	Fluor	2,36		
	Phosphorsäure	0,20		
a. b.	Kieselsäure	38,45	19,98	25,81
	Borsäure	8,48	5,83	
a. b. c'.	Thonerde	34,56	16,14	17,16
	Eisenoxyd	3,31	0,99	
a.	Manganoxyd	0,09	0,03	
a. b. c'.	Talkerde	9,11	3,58	4,41
	Kalkerde	0,71	0,20	
c'.	Natron	2,00	0,51	
	Kali	0,73	0,12	
		100.		

No. 9.

Braunschwarzer Turmalin vom St. Gotthardt.

Isolirte Krystalle in Form dünner neunseitiger Prismen mit fehlenden oder unkenntlichen Endflächen. Sehr glänzend, auf dem Bruch flachmuschlig, mit haarbrauner Farbe durchsichtig.

Das Material verdanke ich theils Hrn. Bergrath Haidinger, theils Hrn. Dr. Tamnau.

Das spec. Gewicht ist = 3,055.

Vor dem Löthrohr schmilzt diese Abänderung unter starkem Aufblähen zu einem blasigen bräunlichgelben Email.

Im Ofen verwandelt sie sich in eine poröse gelbbraune Masse, welche etwa das dreifache Volum des ursprünglichen zeigt. Verlust in zwei Versuchen = 3,19 und 3,31 Proc., im Mittel also 3,25, entsprechend 2,33 Fluor, so dafs 100 Th. des geglühten Turmalins = 103,36 ungeglühten sind.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

b'. Berechnung von *b.*

c. Wiederholung von *b.*

c'. Berechnung von *c.*

d. Bestimmung des Eisenoxyduls mit Goldchlorid.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*	*c'.*	*d.*
Phosphorsäure	0,24					
Kieselsäure	38,00					
Thonerde	34,02	31,45	30,44	33,47	32,38	
Eisenoxyd	8,10	8,33	8,06	8,23	7,96	Fe 1,51
Talkerde	7,76	6,90	6,68	7,61	7,37	
Kalkerde	1,18	1,50	1,45	1,34	1,30	
Natron		1,27	1,23	1,68	1,63	
Kali		nicht	best.	0,29	0,28	

Zu-

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	2,33		
	Phosphorsäure	0,24		
a.	Kieselsäure	38,00	19,74	25,93
	Borsäure	8,99	6,19	
a. b'. c'.	Thonerde	32,28	15,07	16,98
	Eisenoxyd	6,36	1,91	
d.	Eisenoxydul	1,51	0,33	3,96
a. b'. c'.	Talkerde	7,27	2,86	
b'. c'.	Kalkerde	1,31	0,37	
	Natron	1,43	0,35	
c'.	Kali	0,28	0,05	
		100.		

No. 10.

Schwarzer Turmalin von Havredal bei Krageroe im südlichen Norwegen.

Gröfsere und kleinere Krystalle, in einem Gemenge von Quarz, Feldspath (Albit) und Titaneisen; zum Theil sehr reich an Flächen, unter denen besonders die beiden sechsseitigen Prismen (das erste mit abwechselnd gröfsern Flächen), das zwölfseitige Prisma, das Hauptrhomboëder, das erste stumpfere und das erste schärfere. Die Flächen glatt und glänzend; einzelne Krystalle etwas mürbe und bräunlich; Glimmerblättchen hie und da an der Oberfläche und auf Ablösungsflächen. Dünne Splitter sind mit röthlichbrauner Farbe durchscheinend.

Das Material stammt aus dem K. Mineraliencabinet zu Berlin.

Das spec. Gewicht ist = 3,107.

Vor dem Löthrohr leuchtet dieser Turmalin stark, und schmilzt ziemlich leicht unter Kochen zu einer hellgrauen blasigen Schlacke.

Im Ofen schmolz er zu einer graugelben porösen Masse wobei 2,93 Proc. Verlust, = 2,1 Fluor. 100 geglühter Turmalin = 103,02 des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Natron.
b. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.
b'. Berechnung von *b*.
c. Bestimmung des Eisenoxyds durch Kupfer, des Eisenoxyduls durch Goldchlorid.

	a.	*b*.	*b'*.	*c*.
Phosphorsäure	0,08			
Kieselsäure	37,11			
Thonerde	31,39	31,96	31,02	
Eisenoxyd	8,49	8,65	8,40	$\overset{\cdots}{Fe}$ 7,34
Talkerde	9,77	9,36	9,09	$\dot{Fe}$ 0,77
Kalkerde		0,82	0,80	
Natron		1,82	1,77	
Kali		0,33	0,32	

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	2,10		
	Phosphorsäure	0,08		
a.	Kieselsäure	37,11	19,28	25,32
	Borsäure	8,78	6,04	
a. *b'*.	Thonerde	31,26	14,60	16,87
a. *b'*. *c*.	Eisenoxyd	7,57	2,27	
c.	Eisenoxydul	0,77	0,17	
a. *b'*.	Talkerde	9,43	3,70	
b'.	Kalkerde	0,80	0,23	4,6
	Natron	1,78	0,45	
	Kali	0,32	0,05	
		100.		

No. 11.

Schwarzer Turmalin von Ramfossen bei Snarum, Kirchspiel Modum in Norwegen.

Bruchstücke gröſserer Krystalle, an denen theils das sechsseitige, theils das dreiseitige Prisma vorherrscht. Von Endflächen lassen sich das erste schärfere Rhomboëder, und untergeordnet das Hauptrhomboëder erkennen. Die Kry-

stalle sind fast immer glatt und glänzend, sehr zu Absonderungen geneigt, und in dünnen Splittern mit brauner Farbe durchscheinend. Sie liefern ein grünlichgraues Pulver. Im Innern bemerkt man hie und da ein weifses blättriges Mineral. Die untersuchten Exemplare rühren aus dem K. Mineraliencabinet zu Berlin her.

Das spec. Gewicht ist =3,145.

Vor dem Löthrohr schmilzt dieser T. mit Leuchten und Aufblähen ziemlich rasch zu einer graubraunen Schlacke.

Im Ofen liefert er eine geschmolzene poröse schwärzliche Masse. Verlust =2,39 Proc., =1,71 Fluor, so dafs 100 Th. geglühtes Mineral =102,5 ungeglühtes sind.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

b'. Berechnung von *b.*

c. Bestimmung des Eisenoxyds durch Kupfer und des Oxyduls durch Goldchlorid.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*
Phosphorsäure	0,11			
Kieselsäure	37,22			
Thonerde	29,40	30,72	30,00	$\dddot{Fe}$ 9,27
Eisenoxyd	11,63	13,53	13,20	
Talkerde	8,21	7,84	7,66	$\dot{Fe}$ 0,86
Kalkerde	1,15	0,17	0,16	
Natron		1,16	1,13	
Kali		0,54	0,53.	

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	1,71		
	Phosphorsäure	0,11		
a.	Kieselsäure	37,22	19,34	25,32
	Borsäure	8,70	5,98	
a. b'.	Thonerde	29,70	13,87	17,30
a. b'. c.	Eisenoxyd	11,45	3,43	
c.	Eisenoxydul	0,86	0,19	
a. b'.	Talkerde	7,94	3,12	
	Kalkerde	0,65	0,18	3,87
b'.	Natron	1,13	0,29	
	Kali	0,53	0,09	
		100.		

No. 12.

Schwarzer Turmalin in Quarz von Haddam in Connecticut in den vereinigten Staaten.

An dem durch seinen Mineralreichthum ausgezeichneten Fundorte kommt der Turmalin unter mehrfachen Verhältnissen vor. Auf der Ostseite des Connecticut-River finden sich vollständig ausgebildete glatte Krystalle von mehr als Zolllänge und Dicke, gebildet aus den beiden sechsseitigen Prismen, das erste mit abwechselnd gröſseren Flächen; begränzt am einen Ende von dem Hauptrhomboëder, am anderen von diesem und dem ersten schärferen. An anderen Punkten findet man ähnliche, an denen jedoch das dreiseitige Prisma vorwaltet, und deren Flächen, mit Quarz und Feldspath bekleidet, rauh und drusig erscheinen. Endlich kommen gröſsere und kleinere Krystalle daselbst in Quarz vor und diese letzteren wurden zur Analyse benutzt. Ich verdanke Hrn. Silliman Proben der verschiedenen Vorkommen.

Das spec. Gewicht ist = 3,136.

Vor dem Löthrohr bläht sich dieser Turmalin auf und schmilzt unter Schäumen zu einer grauen blasigen Schlacke.

Im Ofen liefert er eine aufgeschwollene braune Masse, und verliert dabei nach 2 Versuchen 2,47 und 2,51 Proc., im Mittel also 2,49, entsprechend 1,78 Fluor. 100 Th. des geglühten würden hiernach = 102,56 des ungeglühten seyn.

a. Mit kohlensaurem Kali-Natron.
b. Desgl. Geschmolzene gelbe Masse.
c. Mit kohlensaurem Baryt und Fluorwasserstoffsäure.
d. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.
d'. Berechnung von *d.*
e. Eisenoxydulbestimmung mit Goldchlorid.

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*d'.*	*e.*
Kieselsäure	37,34	37,66	39,84			
Thonerde	31,88	30,07	31,67	30,61	29,85	
Eisenoxyd	9,74	10,13	11,20	11,18	10,90	Fe 1,06
Talkerde	8,87	8,67	8,38	8,67	8,45	
Kalkerde	1,64	1,58	2,37	1,36	1,33	
Natron			} 4,10	1,64	1,60	
Kali				0,74	0,73	

Zusammenstellung:

			Sauerstoff.	
	Fluor	1,78		
	Phosphorsäure	Spuren		
a. b.	Kieselsäure	37,50	19,48	24,94
	Borsäure	7,94	5,46	
a. b. c. d'.	Thonerde	30,87	14,41	16,90
	Eisenoxyd	8,31	2,49	
e.	Eisenoxydul	1,06	0,23	
a. b. c. d'.	Talkerde	8,60	3,38	
a. b. d'.	Kalkerde	1,61	0,46	4,60
d'.	Natron	1,60	0,41	
	Kali	0,73	0,12	
		100.		

No. 13.

Schwarzer Turmalin von Haddam in Connecticut.

Die im Folgenden untersuchte Varietät kommt zu Haddam als Begleiter des *Chrysoberylls* vor, der sich dort in einem den Gneis durchsetzenden Granitgange findet. Er ist von körnigem gelbem Quarz begleitet, der, je näher dem Turmalin, um so dunkler gefärbt ist. Zwischen beiden liegt Talk oder Chlorit. Der Turmalin, welcher grofse Krystalle bildet, *erscheint etwas zersetzt*, zwar sind seine Flächen grofsentheils noch glatt und glänzend, allein von Höhlungen unterbrochen, welche von gelbem Eisenocker, vorzüglich aber von Glimmerblättchen ausgefüllt sind. Letztere finden sich auch im Innern zahlreich, und die Ablösungsflächen sind von Eisenoxyd roth gefärbt.

Das Material wurde gleichfalls von Hrn. Silliman geliefert.

Das spec. Gewicht ist = 3,132.

Vor dem Löthrohr verhält er sich wie der vorige.

Im Ofen gab er eine theilweise gechmolzene, theilweise gesinterte braune Masse, und hatte 2,72 Proc. verloren, entsprechend 1,95 Fluor. 100 Th. des geglühten sind hiernach = 102,79 des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Natron.
b. Desgleichen.
c. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.
c'. Berechnung von *c.*
d. Eisenoxydulbestimmung.

	a.	*b.*	*c.*	*c'.*	*d.*
Kieselsäure	35,06	38,03			
Thonerde	31,79	33,14	35,39	34,43	
Eisenoxyd	12,12	9,42	11,46	11,15	Ḟe 0,5
Talkerde	8,32	8,45	9,00	8,75	
Kalkerde	1,84	1,76	0,49	0,48	
Natron, Kali			2,33	2,28	

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	1,95		
a. b.	Kieselsäure	36,55	19,00	22,35
	Borsäure	4,87	3,35	
a. b.	Thonerde	32,46	15,16	18,48
a. c'.	Eisenoxyd	11,08	3,32	
d.	Eisenoxydul	0,50	0,11	4,54
a. b. c'.	Talkerde	8,51	3,34	
a. b.	Kalkerde	1,80	0,51	
c'.	Natron, Kali	2,28	0,58	
		100.		

No. 14.

Schwarzer Turmalin von Unity in New-Hamsphire in den vereinigten Staaten.

Diese Varietät zeichnet sich durch ihre Reinheit und ihren frischen Zustand aus. Lange dünne glänzend schwarze Krystalle, von gebogen dreiseitigem Querschnitt, liegen in einem fast durchsichtigen weifsen Quarz, von dem sie sich leicht trennen. Manche sind gekrümmt, aber nicht zerbrochen.

Hrn. Silliman verdanke ich auch diesen Turmalin.

Das spec. Gewicht ist = 3,192.

Vor dem Löthrohr verhält er sich wie die beiden vorigen.

Im Ofen gab er eine theils blaugraue, theils braune, stark gesinterte oder etwas aufgeschwollene Masse. Der Verlust betrug in zwei Versuchen 2,20 und 2,25 Proc., im Mittel 2,225 Proc., entsprechend 1,59 Fluor. 100 Th. des geglühten sind = 102,27 des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Mit kohlensaurem Kali-Natron. Die Masse gelbbraun, geschmolzen.

c. Desgleichen; nicht alle Bestandtheile bestimmt.

d. Mit kohlensaurem Baryt und Fluorwasserstoffsäure.

e. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

e'. Berechnung von *e*.

f. Bestimmung des Eisenoxyduls mit Goldchlorid.

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*e'.*	*f.*
Kieselsäure	36,86	35,94	36,07	40,64			
Thonerde	27,73	30,10	45,86 (Thonerde + Eisenoxyd)	44,56 (Thonerde + Eisenoxyd)	31,47	30,78	
Eisenoxyd	17,34	14,70			17,13	16,75	Fe 2,38
Talkerde	4,75	6,23		7,64 (Talkerde + Kalkerde)	6,25	6,12	
Kalkerde	1,11	1,00			0,98	0,96	
Natron				4,50 (Natron + Kali)	1,98	1,94	
Kali							

Zusammenstellung:

			Sauerstoff.	
	Fluor	1,59		
a. b. c.	Kieselsäure	36,29	18,85	23,62
	Borsäure	6,94	4,77	
b. e'.	Thonerde	30,44	14,21	18,13
b. e'.	Eisenoxyd	13,08	3,92	
f.	Eisenoxydul	2,38	0,53	3,95
a. b. d. e'.	Talkerde	6,32	2,57	
a. b. e'.	Kalkerde	1,02	0,29	
e'.	Natron, Kali	1,94	0,56	
		100.		

No. 15.

Schwarzer Turmalin von Bovey Tracy in Devonshire in England.

Kurze dicke Krystalle in Granit vorkommend, gebildet aus beiden sechsseitigen Prismen, von denen die abwechselnden Flächen des ersten gröfser sind, dem Haupt- und ersten schärferen Rhomboëder am einen, jenem und dem ersten stumpferen am anderen Ende. Fast alle, besonders die Seitenflächen sind glatt und glänzend; gelbbrauner verwitterter Feldspath hängt ihnen an, und zieht sich auf Absonderungsklüften in das Innere der sonst sehr homogenen und frischen Masse. Nur ganz dünne Splitter sind mit röthlichbrauner Farbe durchscheinend.

Das Material der Untersuchung verdanke ich dem K. Mineraliencabinet zu Berlin.

Das spec. Gewicht ist = 3,205.

Vor dem Löthrohr schmilzt dieser Turmalin etwas schwer zu einer schwarzen Schlacke.

Im Ofen gab er eine gesinterte schwarze Masse, und hatte 2,09 Proc. verloren, entsprechend 1,49 Fluor. 100 Th. des geglühten Minerals sind = 102,15 des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Geglühter desgl.

b'. Berechnung von *b*.

c. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

c'. Berechnung von *c*.

d. Bestimmung des Eisenoxyds durch Kupfer, und des Oxyduls durch Goldchlorid.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*	*c'.*	*d.*
Phosphorsäure	0,12					
Kieselsäure	37,00	36,91	36,13			
Thonerde	33,58	34,75	34,02	32,34	31,66	
Eisenoxyd	16,46	16,09	15,75	17,79	17,41	$\dddot{F}e$ 8,90
Talkerde	2,60	2,46	2,41	2,74	2,68	$\dot{F}e$ 6,19
Kalkerde	0,60	1,64	1,60	0,40	0,39	
Natron				1,42	1,39	
Kali				0,66	0,65	

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	1,49		
	Phosphorsäure	0,12		
a.	Kieselsäure	37,00	19,22	24,49
	Borsäure	7,66	5,27	
a. b'. c'.	Thonerde	33,09	15,45	18,25
	Eisenoxyd	9,33	2,80	
d.	Eisenoxydul	6,19	1,37	2,98
a. b'. c'.	Talkerde	2,58	1,01	
a. c'.	Kalkerde	0,50	0,14	
c'.	Natron	1,39	0,35	
	Kali	0,65	0,11	
		100.		

No. 16.

Schwarzer Turmalin von Alabaschka bei Mursinsk am Ural.

Bruchstück eines gröfseren Krystalls, gebildet aus dem vorwaltenden dreiseitigen und dem zweiten sechsseitigen Prisma, und an dem einen auskrystallisirten Ende von dem Hauptrhomboëder und dem ersten schärferen. Die Prismenflächen sind gestreift, alle aber glatt und glänzend. Vorkommen wie das von Bovey Tracy auf Klüften im Granit. Eine gelbliche erdige Substanz (verwitterter Feldspath) bekleidet die Vertiefungen der Oberfläche, und im Innern bemerkt man einzelne weifse Glimmerblättchen. Ganz dünne Splitter sind mit röthlichbrauner oder bläulicher Farbe durchscheinend.

Ich erhielt das Material aus dem K. Mineraliencabinet zu Berlin.

Das spec. Gewicht ist nach zwei Versuchen = 3,226 und 3,229.

Vor dem Löthrohr leuchtet er, und schmilzt an den Rändern zu einer braunen Schlacke.

Im Ofen war das grobe Pulver schwach gesintert, rothbraun wie geglühtes Eisenoxyd, und hatte 2,15 Proc. ver-

loren, entsprechend 1,54 Fluor. 100 Th. des geglühte sind = 102,2 des ungeglühten Turmalins.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Geglühter desgl.

b'. Berechnung von *b.*

c. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

c'. Berechnung von *c.*

d. Bestimmung des Eisenoxyds durch Kupfer und de Oxyduls durch Goldchlorid.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*	*c'.*	*d.*
Kieselsäure	35,74	35,75	34,98			
Thonerde	33,88	36,38	35,60	34,47	33,73	
Eisenoxyd	16,64	18,12	17,73	17,48	17,10	$\dddot{Fe}$ 6,02
Talkerde	1,90	1,66	1,62	0,84	0,82	$\dot{Fe}$ 8,60
Kalkerde		1,19	1,16	0,58	0,57	
Natron				1,04	1,02	
Kali				0,48	0,47	

Zusammenstellung:

				Sauerstoff:
	Fluor	1,54		
a.	Kieselsäure	35,74	18,57	24,07
	Borsäure	8,00	5,50	
a. b'. c'.	Thonerde	34,40	16,06	18,34
a. b'. c'.	Eisenoxyd	7,61	2,28	
d.	Eisenoxydul	8,60	1,91	3,18
a. b'.	Talkerde	1,76	0,69	
b'. c'.	Kalkerde	0,86	0,24	
c'.	Natron	1,02	0,26	
c'.	Kali	0,47	0,08	
		100.		

No. 17.

Schwarzer Turmalin vom Sonnenberg bei Andreasberg am Harz.

Diese sehr bekannte Varietät kommt in kleinen scharf ausgebildeten Krystallen in einem drusenreichen Granit vor, dessen Feldspath schon sehr zersetzt ist. Sie werden von dem sechsseitigen und untergeordnet dem dreiseitigen Prisma, von dem ersten schärferen Rhomboëder, als vorherrschendem, dem zweiten schärferen und dem Hauptrhomboëder am einen Ende, und dem letzteren allein am anderen gebildet. Seltener sind die drei anderen Flächen des ersten Prismas, ein Drei- und Dreikantner ($\frac{1}{3}a:\frac{1}{5}a:\frac{1}{2}a:c$) am einen, und das erste stumpfere Rhomboëder am anderen Ende [1]). Die Masse dieses Turmalins ist sehr hart und frisch, und frei von sichtbaren Einmengungen. Selbst sehr dünne Splitter dieses eisenreichsten aller Turmaline sind undurchsichtig. Das Pulver ist grau.

Das Material verdanke ich dem K. Mineraliencabinet in Berlin.

Das spec. Gewicht ist = 3,243, das gröfste von allen, wohl eine Folge des höchsten Eisengehalts.

Vor dem Löthrohr schmilzt er zu einer schwarzen Schlacke.

Im Ofen sinterte er stark, war oben braun, in der Mitte und unten schwarz, und hatte in einem Versuch 1,87, in einem andern 2,31 Proc. verloren. Letztere Zahl entspricht 1,64 Fluor, und 100 Th. des geglühten Turmalins sind darnach = 102,37 des ungeglühten, nach dem ersten Versuche aber = 101,9 desselben.

a. Mit kohlensaurem Natron.
b. Geglühter desgl.
b'. Berechnung von *b.*
c. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.
c'. Berechnung von *c.*
d. Wie *c*, ohne Bestimmung der Alkalien.
d'. Berechnung von *d.*
e. Eisenprobe.

1) S. G. Rose in diesen Annalen, Bd. 42, S. 580.

	a.	b.	b'.	c.	c'.	d.	d'.	e.
Phosphorsäure	0,12							
Kieselsäure	36,51	36,30	35,62					
Thonerde	32,87	34,90	34,25	30,92	30,34	35,04	34,23	
Eisenoxyd	18,63	19,22	18,86	18,96	18,60	} 21,85	} 21,34	
Manganoxydul	0,10	0,11	0,11 }	} 1,00	} 0,98 }			$\dot{Fe}$ 9,51
Talkerde	0,80	0,65	0,64 }			0,70	0,69	
Kalkerde	0,96	1,06	1,04	0,21	0,20	0,70	0,69	
Natron				1,39	1,36			
Kali				0,59	0,58			

Zusammenstellung.

			Sauerstoff.	
	Fluor	1,64		
	Phosphorsäure	0,12		
a.	Kieselsäure	36,51	18,97	} 24,21
	Borsäure	7,62	5,24	}
a. b'. c'. d'.	Thonerde	32,92	15,37	} 17,81
a. b'. c'.	Eisenoxyd	8,13	2,44	}
e.	Eisenoxydul	9,51	2,11	} 3,08
	Manganoxydul	0,11	0,02	}
a. b'. d'.	Talkerde	0,78	0,30	}
a. b'. c'. d'.	Kalkerde	0,72	0.20	}
c'.	Natron	1,36	0,35	}
c'.	Kali	0,58	0,10	}
		100.		

No. 18.

Schwarzer Turmalin von der Herrschaft Saar in Mähren.

Einzelne ziemlich dicke und kurze Krystalle oder vielmehr Aggregate von Krystallen von vorherrschend dreiseitigem Querschnitt; die Seitenflächen stark gestreift, glatt und glänzend; die Endflächen undeutlich, nur Spuren des Hauptrhomboëders sichtbar. In den Vertiefungen liegt eine röthliche thonige Masse und etwas Glimmer. Dünne Splitter sind senkrecht auf die Hauptaxe röthlichbraun durchscheinend.

Das Material wurde mir von Hrn. Haidinger mitgetheilt.

Das spec. Gewicht ist = 3,181.

Vor dem Löthrohr schmilzt dieser Turmalin schwer und mit Aufblähen zu einer braunrothen Schlacke.

Im Ofen geglüht, verwandelte er sich in eine stark gesinterte braunrothe Masse, und verlor 1,82 Proc., entsprechend 1,3 Fluor. 100 Th. des geglühten Minerals sind = 101,85 des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Natron.
b. Geglühter desgl.
b'. Berechnung von *b.*
c. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.
c'. Berechnung von *c.*
d. Bestimmung des Eisenoxyduls durch Kupfer und des Eisenoxyduls durch Goldchlorid.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*	*c'.*	*d.*
Phosphorsäure	Spur					
Kieselsäure	36,82	36,44	35,78			
Thonerde	36,02	36,35	35,70	35,40	34,67	$\dddot{F}e$ 5,56
Eisenoxyd	14,79	15,91	15,62	15,25	14,90	$\dot{F}e$ 6,51
Talkerde	1,55 (Talkerde und Kalkerde)	1,58	1,55	1,55	1,52	
Kalkerde		0,87	0,86	0,77	0,76	
Natron				0,98	0,98	
Kali				0,09	0,09	

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	1,30		
	Phosphorsäure	Spur		
a.	Kieselsäure	36,82	19,18	25,16
	Borsäure	8,70	5,98	
a. b'. c'.	Thonerde	35,50	16,58	18,55
	Eisenoxyd	6,57	1,97	
	Eisenoxydul	7,68	1,70	2,80
a. b'. c'.	Talkerde	1,55	0,61	
	Kalkerde	0,81	0,23	
c'.	Natron	0,98	0,25	
	Kali	0,09	0,01	
		100.		

(Schluſs im nächsten Heft.)

II. *Anziehende Wirkung der Elektromagnete; von Julius Dub.*

Die Construction elektromagnetischer Maschinen beruht in vielen Fällen auf der Wirkung der Elektromagnete in Entfernung. Es ist aber eine für die Kraftäufserung solcher Maschinen nicht günstige Thatsache, dafs die Elektromagnete so sehr wenig in Entfernung wirken, im Verhältnifs zu den Stahlmagnete sowohl, als im Verhältnifs zu ihrer grofsen Wirkung in Berührung. Es schien mir daher von nicht geringem Interesse, Aufschlufs zu erhalten über die Gröfse der Wirkung auf Entfernung bei Magneten von verschiedenen Verhältnissen.

Andererseits veranlafsten mich meine früheren Beobachtungen, dafs der Einflufs der Berührungsfläche so bedeutend sey, zu diesen Untersuchungen, da ich im Voraus versichert war, dafs diese Wirkung der Berührungsfläche in Entfernung wenigstens sich verringern, wo nicht gar verschwinden möchte. Ich wurde zu dieser Meinung besonders dadurch geführt, dafs ich früher auf mehrere Sätze stiefs, welche mit den von den HH. Lentz und Jacoby aufgestellten nicht übereinstimmten. Ich glaubte ich würde durch die Beobachtung der Wirkung der Elektromagnete in Entfernung vielleicht zu denselben Resultaten, wie sie dort ausgesprochen sind, gelangen; da nämlich die Versuche jener Gelehrten so angestellt sind, dafs die Wirkung beobachtet wird, wenn Magnet und Anker, oder zwei Magnete sich *nicht unmittelbar* berühren.

Andere von Lentz und Jacoby aufgestellte Sätze über die Anziehung sind nicht das Resultat unmittelbarer Messungen, sondern aus andern Erscheinungen, nämlich der Inductionswirkung beim Unterbrechen des Stromes oder Abreifsen des Ankers erschlossen. Es schien mir daher von nicht geringem Interesse zu untersuchen, ob die wirkliche Anziehung dieselben Resultate zeige?

Wie die früheren Untersuchungen, habe ich auch diese durch directes Abreifsen des Ankers mittelst angehängter Gewichte angestellt, und habe dazu denselben Apparat benutzt wie er in meiner früheren Abhandlung über die Anker beschrieben ist[1]).

Mit der grovischen Säule waren wie früher die Kupferspirale des Magneten, die Tagentenbussole und der Widerstandsmesser zu einem Kreise verbunden. Die Anziehung wurde durch den Abreifsapparat gemessen.

Um nun die Wirkung der Elektromagnete auf Entfernungen kennen zu lernen, bedurfte es eines Apparates, welcher möglich machte, den Anker in beliebiger, genau gemefsner Entfernung vom Magneten zu halten.

Diesen Apparat, wie auch die angewandte Tangentenbussole, verfertigte der Mechaniker Hr. Zinke mit empfehlenswerther Genauigkeit und Sorgfalt. Er besteht in einer Hülse (*a*), 3‴ stark, von Rothgufs, 5‴ hoch und 1″ innerem Durchmesser, welche den Anker (*A*) umfafst. An dieser befinden sich 3 hervorstehende Lappen (*b*), welche 3 senkrechte starke Schrauben (*c*) von 2″ Länge und 2½‴ Dicke tragen. Diese sind unten zugespitzt und haben auf den Köpfen eine Theilung. Mittelst dieser und dreier emporstehender Messingstäbe (*d*) ist es möglich, genau zu bestimmen, wie weit die Schrauben gedreht sind. Durch die Hülse selbst gehen 3 Schrauben (*e*), welche dieselbe an dem jedesmal angewandten Anker (*A*) befestigen.

Die senkrecht herabgehenden Schrauben (*c*) mit der Theilung haben den Zweck, durch ihre Drehung den Anker, wenn er von dem Magneten angezogen wird, in beliebiger Entfernung von demselben zu halten. Diese 3 Schrauben stehen in einem Kreise, dessen Durchmesser circa 2½″ ist, so dafs sie also keinen der von mir benutzten Magneten selbst berühren. Die unter dem Anker befindlichen Magneten tragen daher eine Messinghülse mit vorstehendem Rande (*f*), dessen äufserer Umfang 3″ Durchmesser hat, und auf dem eine Scheibe von Spiegelglas ge-

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 366 — 369.

kittet ist, damit die aufstehenden Schraubenspitzen die Unterlage nicht verletzen, und damit das Einstellen mit gröfserer Genauigkeit gemacht werden könne. Vier Schrauben (h) befestigen diese Hülse an dem Magneten.

So war es möglich, durch allmäliges Drehen der 3 Schrauben (c), den Anker immer weiter von dem Magneten zu entfernen und die Kraft zu messen, mit welcher er in bestimmten Entfernungen gehalten wurde. Jede dieser Schrauben hatte auf einen preufsischen Zoll Länge $45\frac{1}{2}$ Windung.

Ich habe die Messungen begonnen bei einer Vierteldrehung der Schrauben und entfernte also dadurch den Anker $\frac{1}{182}'$ von dem Magneten.

Wenn ich den Versuch mit einem bestimmten Anker begann, so stellte ich die Hülse mit den drei Schrauben auf die am Magneten befestigte Unterlage (f) und liefs den in die Hülse gesteckten Anker von dem Magneten anziehen. So bekam jener eine feste Stellung und in dieser befestigte ich nun die Hülse mittelst der Schrauben (e) an ihm. Nachdem diefs geschehen, wurde der Strom noch einmal unterbrochen und nun der Anker mit der Hülse an dem Wagebalken hängend aequilibrirt. Ich mufs hier noch bemerken, dafs ich zu dem Messen eigene Gewichte hatte, die alle um so viel leichter waren als der Haken wog, welcher auf dem Hebelarm mit dem angehängten Gewichte verschoben wurde, damit sein Gewicht, das $\frac{3}{4}$ Loth betrug und nicht mit aequilibrirt werden konnte, nicht etwa die Messungen ungenau mache.

Nachdem aequilibrirt war, setzte ich den Strom wieder ein und nun begannen die Messungen. Zunächst wurde die Anziehung in Berührung bestimmt, welche ich meist schon in früheren Versuchsreihen hatte und die ich also hierbei prüfte. Einige fand ich fehlerhaft, die meisten jedoch stimmten ganz genau. Nach diesen Messungen kommt das schwierigste Geschäft. Ich mufste nämlich nun die bisher etwas zurückgestellten 3 Schrauben (c) so einstellen, dafs sie, während der Anker vom Magneten angezogen wurde,

wurde, genau gerade die Glasunterlage (g) berührten. Schraubte ich etwas zu weit, so gab diefs sogleich eine merkliche Aenderung in dem Resultat. Ich habe daher diesen Versuch bei jedem neuen Anker öfter gemacht, wobei sich dann zeigte, welches das richtige Resultat sey. Dessenungeachtet ist es immer noch möglich, dafs in einigen Fällen aus diesem Grunde Fehler in die Resultate gekommen sind.

War dieser erste Versuch festgestellt, so drehte ich die Schrauben einen Quadranten herum und erhielt dadurch die Entfernung von $\frac{1}{192}''$ der Anker vom Magneten. Darauf wurde wieder gedreht, ich erhielt die doppelte Entfernung.

Die in den Resultaten vorkommenden Fehler sieht man leicht bei genauer Beobachtung der Reihen und besonders bei einem Vergleich derselben unter einander. Man erkennt aber auch sogleich, dafs sie die Zuverlässigkeit der aufgestellten Sätze bei einer so grofsen Menge von Beobachtungen nicht im Geringsten beeinträchtigen.

Wengleich ich es mir zur Aufgabe gemacht habe, die Anziehung der Elektromagnete selbst zu messen, so sah ich mich dessenungeachtet genöthigt, zuvor Messungen mit verschiedenen Ankern bei demselben Magneten anzustellen, um beurtheilen zu können, was Einflufs des Ankers oder des Magneten sey.

Ich untersuchte also zunächst:

Die Wirkung der Anker des Elektromagneten auf Entfernung.

Die Dicke der Anker.

Die ersten Messungen, welche ich anstellte, waren mit einem Magneten von 1'' Durchmesser und 12'' Länge mit 336 Windungen auf der ganzen Länge des Eisenkernes vertheilt, wie ich ihn auch bei den früheren Untersuchungen benutzt und beschrieben habe. Diesen Magneten liefs ich zunächst die 6'' langen Anker von den Durchmessern 1'', $\frac{3}{4}''$, $\frac{1}{2}''$ und $\frac{3}{8}''$ anziehen. Die Resultate waren folgende:

I. Anziehung der 6″ langen 1″, $\frac{3}{4}$″, $\frac{1}{2}$″, $\frac{3}{8}$″ dicken Anker durch den 12″ langen 1″ dicken Magneten bei einer Stromstärke von 20° Ablenkung.

	Ank. 1″ dick.		Ank. $\frac{3}{4}$″ dick.		Ank. $\frac{1}{2}$″ dick.		Ank. $\frac{3}{8}$″ dick.	
Berührung	3,27	Pfd.	4,1	Pfd.	4,76	Pfd.	5,1	Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	1,1	»	1,25	»	1,4	»	1,6	»
$\frac{1}{2}$ »	0,9	»	0,9	»	0,92	»	0,95	»
$\frac{3}{4}$ »	0,71	»	0,77	»	0,65	»	0,65	»
1 »	0,6	»	0,65	»	0,48	»	0,45	»
2 »	0,38	»	0,36	»	0,23	»	0,194	»
3 »	0,27	»	0,23	»	0,15	»	0,11	»
4 »	0,19	»	0,16	»	0,11	»	0,08	»
5 »	0,15	»	0,12	»	0,084	»	0,062	»
6 »	0,11	»	0,1	»	0,07	»	0,05	»
7 »	0,095	»	0,08	»	0,062	»	0,044	»
8 »	0,08	»	0,063	»	0,05	»	0,032	»
9 »	0,07	»	0,055	»	0,04	»		

Wenngleich ich schon aus früheren Beobachtungen die schnelle Abnahme der Wirkung des Elektromagneten in Entfernungen kannte, so hatte ich in so geringem Abstande sie doch nicht so bedeutend erwartet. In einer Entfernung von $\frac{1}{4}$ Umdrehung der Schrauben, d. h. $\frac{1}{182}$″, beträgt die Anziehung bei dem 1″ starken Anker nur $\frac{1}{3}$ von der in Berührung und bei den schwächeren noch weniger. Bei zunehmender Entfernung wird nun die Differenz zwischen zweien aufeinander folgenden Beobachtungen immer geringer, wie das natürlich ist; jedoch ist die Abnahme dessenungeachtet so bedeutend, dafs sie bei dem 1″ starken Anker bei 2 Umdrehungen fast nur $\frac{1}{10}$ und bei den anderen noch viel weniger beträgt.

Vergleichen wir nun die Reihen unter einander, so finden wir, dafs während in Berührung die Anziehung mit der Abnahme der Durchmesser der Anker bis zu einer bestimmten Gränze zunimmt, in einiger Entfernung vom Magneten sich gerade die umgekehrten Verhältnisse zeigen. Die Anziehung der dünneren Anker nimmt in viel schnellerem Maafse ab, als die starken, so dafs in einiger Entfernung sich ein bestimmtes Verhältnifs herausstellt, nach-

dem dann die Abnahme fortgeht. In diesen Versuchsreihen ist ziemlich genau das Verhältnifs der Durchmesser der Anker und wenngleich, wie ich später zeigen werde, die Abweichungen nicht den Versuchsfehlern zugerechnet werden können, so wäre doch möglich, dafs gerade ein Eisenstab anders beschaffen seyn könnte als der andere, so dafs diese Abweichungen dadurch herbei geführt würden. Um zu sehen, ob sich dieser Satz auch bei anderen Versuchsreihen wirklich herausstelle, untersuchte ich zunächst längere Anker.

II. Anziehung des 12″ langen 1″ dicken Magneten auf Anker von 9″ und 12″ Länge und 1″ und ½″ Dicke bei der Stromstärke von 20°.

	Anker 9″ lang				Anker 12″ lang.			
	1″ dick		½″ dick.		¾″ dick		½″ dick.	
Berührung	4,43	Pfd.	6,8	Pfd.	5,69	Pfd.	6,82	Pfd.
¼ Umdr.	1,6	»	2,3	»	2,1	»	2,4	»
½ »	1,3	»	1,3	»	1,55	»	1,4	»
¾ »	1,1	»	0,92	»	1,15	»	0,9	»
1 »	0,9	»	0,72	»	0,92	»	0,75	»
2 »	0,52	»	0,34	»	0,54	»	0,33	»
3 »	0,36	»	0,18	»	0,35	»	0,19	»
4 »	0,26	»	0,135	»	0,25	»	0,14	»
5 »	0,2	»	0,1	»	0,19	»	0,11	»
6 »	0,155	»	0,08	»	0,15	»	0,09	»
7 »	0,135	»	0,07	»	0,13	»	0,07	»
8 »	0,11	»	0,062	»	0,103	»	0,056	»
9 »	0,096	»	0,05	»	0,09	»	0,04	»

III. Anziehung des 12″ langen 1″ dicken Magneten auf 6″ lange Anker von verschiedenem Durchmesser bei einer Stromstärke von 35°.

	Anker 1″ dick		¾″ dick		½″ dick		⅜″ dick.	
Berührung	9	Pfd.	10,5	Pfd.	16,2	Pfd.	14,9	Pfd.
¼ Umdr.	4,6	»	4,6	»	6,4	»	6,2	»
½ »	3,5	»	3,10	»	3,8	»	3,4	»
¾ »	2,9	»	2,6	»	2,85	»	2,4	»
1 »	2,6	»	2,15	»	2	»	1,7	»
2 »	1,65	»	1,3	»	0,95	»	0,78	»
3 »	1,05	»	0,92	»	0,65	»	0,5	»
5 »	0,60	»	0,52	»	0,46	»	0,28	»
9 »	0,27	»	0,26	»	0,174	»	0,136	»
15 »	0,13	»	0,125	»	0,085	»	0,073	»

Wir sehen, dafs alle diese Reihen dieselbe Erscheinung zeigen, wie die ersten. Es findet bei den dünneren Ankern eine schnellere Abnahme der Anziehung statt und dadurch erreichen sie bald das Verhältnifs der Anziehung wie ihre Durchmesser.

Ich habe nun noch zwei Reihen mit 9″ langen Ankern angestellt.

IV. **Anziehung des 12″ langen 1″ dicken Magneten auf 9″ lange Anker bei der Stromstärke 35°**

	Anker 1″ dick.		Anker ½″ dick.	
Berührung	13,8	Pfd.	19,1	Pfd.
¼ Umdr.	6,4	»	7,6	»
½ »	5,2	»	4,8	»
¾ »	4,3	»	3,4	»
1 »	3,7	»	2,5	»
2 »	2,35	»	1,17	»
3 »	1,47	»	0,71	»
5 »	0,85	»	0,38	»
9 »	0,4	»	0,18	»
15 »	0,21	»	0,09	»

Alle diese Versuchsreihen waren angestellt mit dem 1″ starken Magneten. Es fragte sich nun, ob auch in dem Falle, wo der Magnet schwächer ist als der Anker, sich derselbe Unterschied in der Anziehung der verschieden starken Anker herausstellen würde. Ich wählte daher einen ½″ starken 12″ langen Magneten und liefs ihn ebenfalls obige Anker anziehen. Das Resultat war folgendes:

V. **Anziehung der Anker von 6″ Länge durch den 12″ langen ½″ dicken Magneten bei der Stromstärke von 20° Ablenkung.**

	Anker 1″ dick.		¾″ dick.		½″ dick.		⅜″ dick.	
Berührung	5,4	Pfd.	4,9	Pfd.	4,4	Pfd.	4,7	Pfd.
¼ Umdr.	1,6	»	1,4	»	1,3	»	1,3	»
½ »	0,96	»	0,7	»	0,9	»	0,75	»
¾ »	0,67	»	0,6	»	0,67	»	0,51	»
1 »	0,54	»	0,44	»	0,48	»	0,4	»
2 »	0,26	»	0,26	»	0,23	»	0,225	»

	Anker 1″ dick.	¾″ dick.	½″ dick.	⅜″ dick.
3 Umdr.	0,16 Pfd.	0,16 Pfd.	0,14 Pfd.	0,13 Pfd.
4 »	0,116 »	0,103 »	0,097 »	0,089 »
5 »	0,088 »	0,081 »	0,072 »	0,062 »
6 »	0,075 »	0,065 »	0,056 »	0,05 »
7 »	0,062 »	0,055 »	0,044 »	0,042 »
8 »	0,053 »	0,044 »	0,034 »	0,031 »

Diese Reihen liefern uns ganz andere Verhältnisse als die mit dem 1″ dicken Magneten. Hier ist durchaus nicht von Proportionalität mit dem Durchmesser der Anker mehr die Rede. Alle sind wenig von einander unterschieden. Es ergiebt sich hieraus, dafs bei solchen Magneten, welche dünner sind als die Anker, sich andere Verhältnisse herausstellen.

Es fragte sich nun, wie sich die Sache verhalte bei noch stärkern Magneten als dem von einem Zoll Durchmesser. Ich nahm daher einen 1¾″ starken Magneten und erhielt:

VI. Anziehung der 6″ langen Anker durch einen 1¾″ starken 12″ langen Magneten bei einer Stromstärke von 15° Ablenkung.

	Anker 1″ dick	¾″ dick	½″ dick	⅜″ dick.
Berührung	1,15 Pfd.	1,65 Pfd.	1,85 Pfd.	2,15 Pfd.
¼ Umdr.	0,36 »	0,39 »	0,44 »	0,46 »
½ »	0,3 »	0,27 »	0,25 »	0,24 »
¾ »	0,26 »	0,22 »	0,187 »	0,17 »
1 »	0,215 »	0,16 »	0,14 »	0,126 »
2 »	0,14 »	0,09 »	0,064 »	0,056 »
3 »	0,1 »	0,06 »	0,044 »	0,034 »
4 »	0,08 »	0,05 »		
5 »	0,07 »	0,04 »		
6 »	0,056 »			

Es zeigt sich bei diesen Versuchsreihen eine langsamere Abnahme der Anziehung, daher zeigt sich erst bei mehreren Umdrehungen eine Annährung an das Verhältnifs zu den Durchmessern. Ich konnte wegen der geringen Anziehung in Berührung die Versuche nicht weit genug fortsetzen

und wählte daher für dieselben Anker und Magneten einen stärkeren Strom und erhielt folgende Resultate:

VII. Anziehung der 6" langen Anker durch den $1\frac{3}{4}$" dicken Magneten bei der Stromstärke 25°.

	Anker 1" dick		Anker $\frac{3}{4}$" dick		Anker $\frac{1}{2}$" dick	
Berührung	2,7	Pfd.	3,9	Pfd.	4,1	Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,9	»	1,2	»	1,3	»
$\frac{1}{2}$ »	0,72	»	0,72	»	0,7	»
$\frac{3}{4}$ »	0,62	»	0,57	»	0,51	»
1 »	0,53	»	0,46	»	0,39	»
2 »	0,3	»	0,24	»	0,16	»
3 »	0,22	»	0,15	»	0,11	»
4 »	0,17	»	0,11	»	0,072	»
5 »	0,13	»	0,086	»	0,056	»
6 »	0,11	»	0,078	»	0,044	»
7 »	0,09	»	0,056	»	0,037	»
8 »	0,072	»	0,048	»		
9 »	0,065	»	0,041	»		

Auch diese Reihen zeigen dasselbe Verhältnifs wie die vorigen. In einiger Entfernung stellt sich annährungsweise das Verhältnifs wie die Durchmesser heraus.

Alle diese Versuche zeigen uns, *dafs unter bestimmten Bedingungen in einiger Entfernung vom Magneten, wenn dieser stärker ist als die Anker, sich die Anziehung annäherungsweise wie die Durchmesser derselben verhält.*

Von Interesse war es mir endlich noch zu sehen, wie die Anziehung eines conisch zugespitzten Ankers in Entfernung sich zu dem gleich starken cylindrischen verhalten würde. Ich nahm daher den 6" langen 1" dicken Anker, welcher durch die conische Zuspitzung eine Berührungsfläche von nur $\frac{1}{2}$" Durchmesser hat.

VIII. Anziehung des 6″ langen 1″ dicken conischen und cylindrischen Ankers durch den 12″ langen 1″ dicken Magneten bei der Stromstärke 20°.

	conischer Anker.	cyld. Ank. 1″ dick.	cyld. Ank. ½″ dick.
Berührung	7 Pfd.	3,27 Pfd.	4,76 Pfd.
¼ Umdr.	2 »	1,1 »	1,4 »
½ »	1,35 »	0,9 »	0,92 »
¾ »	0,93 »	0,71 »	0,65 »
1 »	0,7 »	0,6 »	0,48 »
2 »	0,3 »	0,38 »	0,23 »
3 »	0,2 »	0,27 »	0,15 »
4 »	0,13 »	0,19 »	0,11 »
5 »	0,1 »	0,15 »	0,084 »
6 »	0,08 »	0,12 »	0,072 »
7 »	0,063 »	0,096 »	0,06 »
8 »	0,055 »	0,08 »	0,05 »

Wir bemerken in diesen Reihen dieselben Erscheinungen, wie bei andern Ankern von geringerem Durchmesser. Er zieht in Berührung mehr als der starke, allein in geringer Entfernung schon weniger. Der Unterschied ist so bedeutend, daſs die Wirkung sich mehr dem halb so starken Anker, welcher mit ihm dieselbe Berührungsfläche hat, nähert, als dem von derselben Schwere. Ich habe wegen des Vergleichs auch die Reihe mit dem ½″ starken Anker mit hinzugefügt.

Das Resultat ist deshalb wichtig, weil hier so deutlich die groſse Wirkung der Berührungsfläche hervortritt, dagegen die Schwere (Masse) fast ganz verschwindet.

Ich habe denselben Anker noch von dem ½″ starken Magneten anziehen lassen, und erhielt folgendes Resultat:

IX. Anziehung des 6″ langen 1″ dicken conischen Ankers durch den 12″ langen ½″ dicken Magneten bei der Stromstärke von 20°.

	conischer Anker.	cyld. Ank. 1″ dick.	cyld. Ank. ½″ dick.
Berührung	5,6 Pfd.	5,4 Pfd.	4,4 Pfd.
¼ Umdr.	1,45 »	1,4 »	1,3 »
½ »	0,9 »	0,96 »	0,9 »
¾ »	0,65 »	0,67 »	0,67 »

	conischer Anker.	cyld. Ank. 1″ dick.	cyld. Ank. ½″ dick.
1 Umdr.	0,48 Pfd.	0,54 Pfd.	0,48 Pfd.
2 »	0,22 »	0,26 »	0,23 »
3 »	0,12 »	0,16 »	0,14 »
4 »	0,1 »	0,116 »	0,097 »
5 »	0,08 »	0,088 »	0,072 »
6 »	0,06 »	0,075 »	0,056 »
7 »	0,04 »	0,062 »	0,044 »

In dieser Reihe finden wir wieder eine Analogie zwischen diesem Anker und den cylindrischen. So wie bei den cylindrischen Ankern nur geringer Unterschied zwischen dem 1″ starken und dem von ½″ Durchmesser stattfindet, ist es auch mit dem conischen. Allein wir sehen auch aus dieser Reihe, dafs es für Entfernung nicht vortheilhaft ist, die Anker zuzuspitzen, damit man das Maximum der Anziehung erhalte.

Aus diesen Resultaten ergiebt sich also:

1) *Die Anziehung verhält sich in einigen Fällen annäherungsweise wie die Durchmesser der Anker.*

2) *Zugespitzte Anker zeigen in Entfernung geringere Anziehung als cylindrische von demselben Durchmesser.*

Ich kann nicht unterlassen in diesem Kapitel noch Einiges über beobachtete Einzelheiten zu bemerken.

1) In allen Versuchsreihen, wo die Berührungsfläche ½ Durchmesser hat, ist immer die Anziehung, welche sich bei *einer* Umdrehung der Schrauben, d. h. bei $\frac{1}{45}$″ Entfernung zeigt, das Doppelte von der bei 2 Umdrehungen.

2) Der 12″ lange 1″ starke Magnet hält den 6″ langen ½″ starken Anker mit derselben Kraft in Entfernung, als der ½″ starke 12″ lange Magnet den 1″ starken 6″ langen Anker.

Die Länge der Anker.

In welcher Weise sich die Länge der Anker bei gleichem Durchmesser äufsere, ergiebt sich leicht bei einem Blick auf die früheren Versuchsreihen. Vergleichen wir z. B. die Reihen I und II. mit einander, und in diesen die

Zahlen, welche uns die 6zölligen und 9zölligen Anker unter sonst ganz gleichen Umständen liefern, so finden wir, dafs im Allgemeinen dasselbe Verhältnifs stattfindet für die Wirkungen in Entfernung als in Berührung. Die Anker, welche in der Nähe mehr ziehen, ziehen auch in jeder Entfernung mehr. Freilich ist das Verhältnifs nicht immer dasselbe. Der 1" dicke 9" lange Anker übertrifft den 6" langen in weit höherem Maafse als der $\frac{1}{2}$" dicke den von demselben Durchmesser übertrifft. Aehnliches zeigt sich, wenn man die Anker bei der Stromstärke von 35° Ablenkung vergleicht.

„*Die Anziehung der Anker von gleichem Durchmesser wächst mit der Länge derselben.*"

Es versteht sich auch hier von selbst, dafs eine Gränze eintritt, wie sich diefs hier bei den $\frac{1}{2}$" starken 9- und 12zölligen Ankern zeigt. Ich mache darauf aufmerksam, dafs diese hier beide in Berührung dasselbe ziehen und auch in jeder beliebigen Entfernung. Diefs beruht auf einem ganz allgemeinen Satz, auf den ich später zurückkomme. Es ist diefs eine Probe, dafs die Versuche fehlerfrei sind; denn wäre in Berührung eine der Beobachtungen falsch, so würden sie nicht durchweg in Entfernung gleich viel ziehen.

Ich stellte mir drittens nun die Frage, wie es sich mit

Ankern von gleichem Gewicht

verhalte. Ich bediente mich zu diesem Zwecke der Anker, welche ich schon früher angewandt habe [1]), um die Wirkung in Berührung zu prüfen. Sie steigen von 1" Länge bis 16" und nehmen dabei verhältnifsmäfsig an Dicke ab von 2" bis auf $\frac{1}{2}$" Durchmesser, in der Weise, dafs sie alle gleich viel wiegen.

Ich benutzte 8 Anker, deren Länge war: 1", 2", 4", $5\frac{1}{4}$", $7\frac{1}{9}$", $8\frac{1}{2}$", $12\frac{2}{3}$" und 16".

Ich mufs im Voraus erwähnen, dafs es einige Schwierigkeit hatte auch die Anker zu prüfen, welche gröfseren Durchmesser als einen Zoll haben. Einmal ist es über-

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 471.

haupt schwierig, so kurze Anker genau abzureifsen wie längere, und zweitens pafst die Hülse, welche den Anker in Entfernung halten mufs, nur auf einen 1″ starken Eisenstab, so dafs ich sie in diesem Falle am Magneten befestigen mufste. Dazu kommt noch, dafs die beiden kürzesten Anker von geschmiedetem Eisen sind, während die längeren aus gewöhnlichem schlesischen Rundeisen bestehen, welches, wie ich glaube, viel gleichmäfsigere Consistenz hat.

Ich habe folgende Resultate erhalten:

X. Anziehung der Anker von gleicher Masse durch einen 12″ langen 1″ dicken Magneten bei einer Stromstärke von 20°.

Länge der Anker	1″.	2″.	3″.	5¼″.	7⅓″.	8½″.	12⅔″.	16″.
Berühr.	0,83 Pfd.	1,15 Pfd.	2,5 Pfd.	3 Pfd.	4 Pfd.	5 Pfd.	6,6 Pfd.	7,8 Pfd.
¼ Umdr.	0,61	0,52	0,82	0,9	1,4	1,7	2,1	2,7
½ »	0,5	0,47	0,66	0,75	1	1,3	1,15	1,7
¾ »	0,4	0,4	0,56	0,6	0,7	0,97	1	1,3
1 »	0,36	0,38	0,48	0,51	0,6	0,73	0,7	0,66
2 »	0,22	0,24	0,3	0,32	0,4	0,4	0,38	0,41
3 »	0,17	0,15	0,19	0,23	0,26	0,26	0,24	0,26
4 »	0,12	0,12	0,16	0,17	0,18	0,18	0,16	0,17
5 »	0,095	0,105	0,12	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
6 »	0,078	0,079	0,09	0,1	0,106	0,106	0,106	0,1
7 »	0,065	0,07	0,08	0,093	0,094	0,087	0,09	0,09
8 »	0,058	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,077	0,075
9 »	0,05	0,056	0,063	0,07	0,07	0,06	0,066	0,06

Während in Berührung der erste Anker mit einer Kraft gehalten wird, die fast nur $\frac{1}{10}$ von der ist, mit welcher der letzte angezogen wird, ist in einer Entfernung von 4 Umdrehungen die Anziehung fast bei allen dieselbe. *Die Anziehung nimmt um so langsamer ab, je kürzer und dicker der Anker ist.*

Es ergiebt sich also aus diesen Versuchen der so wichtige Satz:

„*Anker von gleicher Masse ziehen von geringerer Entfernung ab gleich viel*“.

Um die Wahrheit dieses Satzes zu bestätigen, habe ich die Anker von 4″ Länge ab von demselben Magneten bei

einem Strom von 35°, so wie von dem 12" langen ½" dicken Magneten bei der Stromstärke 20° anziehen lassen.

XI. Anziehung der Anker von gleicher Schwere durch den 12" langen 1" dicken Magneten bei einer Stromstärke von 35°.

Länge der Anker	4".	5¼".	7½".	8½".	12¾".	16".
Berühr.	8 Pfd.	10 Pfd.	13,5 Pfd.	16,5 Pfd.	27,5 Pfd.	21,5 Pfd.
¼ Umdr.	3	3,3	5,5	7	10,5	11,5
½ »	2,65	2,95	4,7	5,7	6,8	6,4
¾ »	2,3	2,6	3,7	4,05	4,8	4,2
1 »	1,97	2	3	3,2	3,5	3,4
2 »	1,25	1,3	1,7	1,7	1,65	1,55
3 »	0,89	0,98	1,15	1,15	1	0,95
5 »	0,52	0,6	0,65	0,63	0,54	0,51
9 »	0,21	0,27	0,3	0,31	0,27	0,26
15 »	0,106	0,12	0,14	0,15	0,14	0,14

Ich habe wegen der mangelhaften Genauigkeit, so wie wegen der Schwierigkeit, mit der die Versuche mit den kurzen Ankern anzustellen sind, diese weggelassen. Und gewiſs liefern Anker von 4" bis 16" Länge schon hinreichende Bürgschaft für die Wahrheit des Satzes, wenn man nur einmal auch die Wirkung der kürzesten gesehen und beobachtet hat, wie langsam deren Abnahme im Verhältniſs zu den längeren Ankern ist.

XII. Anziehung der Anker von gleicher Schwere durch einen 12" langen ½" dicken Magneten bei einer Stromstärke von 20°.

Länge der Anker	4".	5¼".	7½".	8½".	12¾".	16".
Berühr.	4,4 Pfd.	4,6 Pfd.	4,7 Pfd.	5,4 Pfd.	6,4 Pfd.	6,6 Pfd.
¼ Umdr.	1,5	1,35	1,45	1,6	1,8	1,8
½ »	0,98	0,88	0,82	1,05	1,15	1
¾ »	0,72	0,7	0,7	0,8	0,88	0,78
1 »	0,57	0,52	0,5	0,6	0,68	0,58
2 »	0,28	0,26	0,24	0,3	0,33	0,34
3 »	0,17	0,16	0,16	0,18	0,2	0,19
4 »	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,125
5 »	0,094	0,093	0,094	0,09	0,098	0,094
6 »	0,075	0,075	0,075	0,07	0,078	0,075
7 »	0,062	0,054	0,056	0,053	0,058	0,056
8 »	0,05	0,046	0,047	0,044	0,047	0,047

Auch diese Reihen liefern dieselben Resultate und zwar mit noch gröfserer Genauigkeit als die früheren. Ich schreibe diefs dem Umstande zu, dafs der Magnet nur $\frac{1}{2}''$ Durchmesser hat und aus dem Grunde die Berührung so ist, dafs ich mit gröfserer Leichtigkeit die Schrauben richtig einstellen konnte.

Werfen wir nun einen Blick auf die sämmtlichen Versuchsreihen und deren Resultate zurück, so ergiebt sich klar, dafs die Beobachtung der Anziehung in Entfernung mehr Aufschlufs über die bei Magneten waltenden Gesetze giebt, als die Anziehung in Berührung; abgesehen von den Fällen, wo in Berührung sich entgegengesetzte Erscheinungen zeigen. Das Resultat der Anziehung in Berührung ist zum Theil deshalb kein reines, weil fast nie der Anker vom Magneten mit der ganzen Fläche zugleich abreifst, sondern immer die eine Seite um ein Weniges sich eher hebt. Man mufs jedoch erst genau beobachten, um es selbst zu bemerken, denn wenn es sehr merkbar ist, wird freilich das Resultat noch anders. Ich habe mich stets bemüht solche Fehler möglichst zu vermeiden, es gelingt jedoch am wenigsten, je gröfser die Berührungsfläche ist. Daher geben denn die Versuche mit dünnern Ankern oder Magneten immer bessere Reihen als die mit starken. Am meisten fallen die Fehler auf bei der Vergleichung der quadratischen Verhältnisse, auf die ich hier noch besonders aufmerksam machen will:

Die Stromstärke.

Ich habe mehrere Versuchsreihen bei der Stromstärke 35° angestellt. Diese ist nahezu die doppelte von der bei 20°, mithin müssen die Anziehungen, welche sich in diesem Falle zeigen, das Vierfache von denen seyn, welche bei 20° Stromstärke auftreten. Die Reihen I und III, II und IV, X und XI liefern uns die Beispiele.

Wir bemerken, dafs in Berührung durchaus zu wenig sich findet, nur der Anker in No. XI., welcher $12\frac{2}{3}''$ lang ist, zeigt eine specielle Ausnahme, indem er 27,5 Pfd. An-

ziehung hat, während der ihm entsprechende nur 6,6 Pfd. zieht. Jener zieht also sogar 1,1 Pfd. zu viel, was wahrscheinlich auf einem Versuchsfehler beruht. Dafs diese Erscheinungen der zu geringen Anziehung nicht ganz zufällig sind, nicht *ganz* abhängig von der schlechten Berührung, glaube ich schon aus den vielen Versuchen in der früheren Abhandlung genügend nachgewiesen zu haben [1]). Ebenso wenig glaube ich aber, dafs bei vollkommener Berührung sich nicht günstigere Resultate für das Gesetz herausstellen sollten. — Ganz anders ist es nun mit den Resultaten, welche sich in Entfernung zeigen. Hier stellt sich fast bei allen schon bei $\frac{1}{4}$ Umdrehung das richtige Quadrat der Anziehung ein, ja es ist sogar noch etwas zu grofs, da 35° nicht gerade die doppelte Tangente von 20° giebt. Es müfste 36° seyn. Allein ich stehe nicht an, diese Abweichungen auf die Versuchsfehler zu rechnen, und mithin in diesen Reihen den Beweis zu finden für jenen, von Lentz und Jacoby ebenfalls durch directe Messungen gefundenen Satz:

„*Die Anziehung verhält sich* (wenigstens in Entfernung genau) *wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme*".

Anziehung der Elektromagnete in Entfernung.

Magnete von verschiedenem Durchmesser.

Die Beantwortung der Frage über die Wirkung des Durchmessers der Magnete liefern zum Theil Versuchsreihen, welche ich schon früher behufs der Wirkung der Anker angestellt habe, so wie einige hinzugefügte neue.

Ich halte es nicht für unnütz die vorn schon aufgeführten Reihen hier zu wiederholen, da sie doch mit den andern zusammengestellt werden müssen.

Ich wandte zunächst 12″ lange Magnete von 1″ und $\frac{1}{2}$″ Durchmesser an und mufs erwähnen, dafs diese mit einer Spirale umwunden sind, welche auf 6 Hülsen, je $1\frac{3}{4}$″ lang, sich befindet. Jede Hülse hat 56 Umwindungen in 2 Lagen über einander. Die Länge aller 6 Hülsen, d. h. die

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 484 u. f.

Länge sämmtlicher Spiralwindungen, ist also 10½", mithi steht der Magnet auf jeder Seite ¾" aus der Spirale hervor

XIII. Anziehung des 6" langen 1" dicken Ankers durch Magnete vo 12" Länge und 1" und ½" Dicke bei der Stromstärke 20° und 35°.

	Stromstärke 20°.		Stromstärke 35°.	
	Magnet 1" dick.	½" dick.	1" dick.	½" dick.
Berührung	3,27 Pfd.	5,4 Pfd.	9 Pfd.	13 Pfd.
¼ Umdr.	1,1 »	1,4 »	4,6 »	6 »
½ »	0,9 »	0,96 »	3,5 »	3,7 »
¾ »	0,71 »	0,67 »	2,9 »	2,7 »
1 »	0,6 »	0,54 »	2,6 »	2,1 »
2 »	0,38 »	0,26 »	1,65 »	0,92 »
3 »	0,27 »	0,16 »	1,05 »	0,57 »
4 »	0,19 »	0,116 »	0,8 »	0,4 »
5 »	0,15 »	0,088 »	0,6 »	0,3 »
6 »	0,11 »	0,075 »	0,46 »	0,24 »
7 »	0,09 »	0,062 »	0,38 »	0‘19 »
8 »	0,08 »	0,053 »	0,33 »	0,15 »
9 »	0,07 »	0,045 »	0,27 »	0,13 »
15 »			0,13 »	0,06 »

Ich habe darauf Versuche mit kürzeren Magneten, nämlich von 9" Länge angestellt.

XIV. Anziehung des 6" langen 1" dicken Ankers durch 9" lange Magnete bei einer Stromstärke von 28° 38'.

	Mag. 1" dick.	Mag. ¾" dick.	Mag. ½" dick.
Berührung	2,6 Pfd.	3,2 Pfd.	4,4 Pfd.
¼ Umdr.	0,82 »	1 »	1,35 »
½ »	0,67 »	0,77 »	0,85 »
¾ »	0,55 »	0,62 »	0,58 »
1 »	0,49 »	0,51 »	0,48 »
2 »	0,3 »	0,29 »	0,22 »
3 »	0,21 »	0,2 »	0,14 »
4 »	0,15 »	0,14 »	0,098 »
5 »	0,12 »	0,11 »	0,072 »
6 »	0,097 »	0,084 »	0,056 »
7 »	0,08 »	0,07 »	0,045 »
8 »	0,064 »	0,06 »	
9 »	0,054 »	0,047 »	

Wir sehen hier erst nach vielen Umdrehungen Annährung an das Verhälnifs des Durchmessers der Magnete von 1″ und ½″ Dicke. Bei dem ¾″ starken tritt es gar nicht ein. Es scheint also nicht allein der Durchmesser, des Ankers, sondern auch die Länge der Magnete schon das Verhältnifs zu ändern, welches hier bei den 12″ langen Magneten gerade stattfindet. Ist hier eine Analogie mit den Ankern, so mufs das Verhältnifs ganz verschwinden, wenn ich den Magneten durch einen dünneren Anker, als der stärkste Magnet ist, anziehen lasse.

Ich wählte einen 6″ langen 1″ starken und ebenso einen ½″ starken Magneten und liefs diese den 12″ langen ½″ dicken Anker, bei einer Stromstärke 47° 27′, welche durch 112 Windungen ging, anziehen.

XV. Anziehung der 6″ langen 1″ und ½″ starken Magneten auf den 12″ langen ½″ starken Anker. Strom 47° 27′.

	Mag. 1″ dick.	Mag. ½″ dick.
Berührung	5,4 Pfd.	4,3 Pfd.
¼ Umdr.	1,5 »	1,4 »
½ »	0,95 »	0,9 »
¾ »	0,68 »	0,67 »
1 »	0,54 »	0,5 »
2 »	0,26 »	0,24 »
3 »	0,155 »	0,145 »
4 »	0,115 »	0,093 »
5 »	0,085 »	0,07 »
6 »	0,07 »	0,05 »
7 »	0,056 »	0,04 »
8 »	0,044 »	

Diese beiden Reihen beweisen uns klar, dafs ein Verhältnifs zwischen den Durchmessern der verschiedenen Magnete, wie es die HH. Lentz und Jacoby angegeben haben, nicht angenommen werden kann.

Später von mir gefundene Sätze begründen auch die Annahme ganz anderer Verhältnifsmäfsigkeit zwischen den Magneten von verschiedener Dicke, deren experimentelle

Untersuchung ich jedoch bisjetzt noch nicht unternommen habe, weil die nöthige gleichzeitige Berücksichtigung der Durchmesser der Anker, ja vielleicht auch die Länge derselben, die Untersuchung sehr complicirt macht. Diefs halte ich wenigstens für gewifs, dafs man bei der Untersuchung der Wirkung des Eisenkerns nicht diesen allein, sondern immer das System von Magnet und Anker ins Auge fassen mufs.

Was nun die Wirkung auf Entfernung überhaupt anbetrifft, so beweisen uns diese Reihen, dafs durchweg der Satz gilt:

Die Anziehung der Eisenstäbe (Magnete oder Anker) *nimmt bei Entfernung in um so gröfserem Verhältnisse ab, als diese dünner werden.*

Länge der Magnete.

Der Elektromagnet besteht aus der Spirale und dem Eisenkerne. Ist nun von der veränderten Anziehung durch Modification der Längenausdehnung die Rede, so dürfte man folgerecht nur eine Verlängerung oder Verkürzung des Eisenkerns *mit* der Spirale darunter verstehen. Allein dabei drängen sich zugleich die Fragen auf, wie es sich verhalte, wenn *einer* dieser beiden Theile geändert wird.

Bei der Veränderung der Längenausdehnung der *Spirale* sind wieder die beiden Fälle möglich, dafs entweder dieselbe Anzahl der Windungen nur auf eine gröfsere Länge ausgedehnt wird, oder dafs die gröfsere Länge durch eine hinzugefügte Anzahl neuer Windungen hervorgebracht wird. Ich beginne mit dem letzten Falle und werde der Reihe nach folgende Fragen beantworten:

1. Welchen Einflufs hat eine gröfsere Anzahl von Windungen?

2. Welchen Einflufs hat eine Verlängerung der Spirale ohne dafs die Anzahl der Windungen vergröfsert wird?

3. Welchen Einflufs hat die Verlängerung des Eisenkerns?

4. Welchen Einflufs hat die Verlängerung des ganzen Magneten, d. h. des Eisenkerns mit der Spirale?

1.

Welchen Einflufs hat eine gröfsere Anzahl von Windungen?

Wenn von der gröfseren Anzahl der Windungen die Rede ist, so können diese in zweifacher Weise den Eisenkern umgeben, entweder die Spirale wird dadurch *nicht länger* oder sie wird *länger*.

Wenn die Spirale durch die gröfsere Anzahl der Windungen nicht länger wird, so müssen mehr Windungen sich über einander befinden und wir erhalten dann den Fall, welchen die HH. Lentz und Jacoby in ihrer Abhandlung[1]) behandelt haben. Das Resultat ist:

„*Die Totalwirkung sämmtlicher, einen Eisenkern umgebender, Windungen ist gleich der Summe der Wirkung der einzelnen Windungen.*“

Dieser Satz ist durch die Inductionswirkung des Magnetismus, welcher durch Unterbrechen des Stromes hervorgerufen wird, gefunden. Dafs sich nun aber die *Anziehung* nicht immer in derselben Weise zeigt wie der Inductionsstrom, haben wir schon früher gesehen, es fragt sich also, wie sie sich in diesem Falle zeige?

Um diefs zu untersuchen nahm ich eine Spirale von 4″ Länge mit 304 Windungen ungefähr $\frac{3}{4}'''$ starken Kupferdrahtes, der so gewickelt war, dafs zwei Drähte neben einander liefen, so dafs ich den Strom durch die halbe und ganze Anzahl der Windungen gehen lassen konnte und immer gleiche Entfernung der Windungen, sowohl vom Eisenkern überhaupt, als auch besonders von der Berührungsfläche desselben hatte.

Diese Spirale steckte ich über den 12″ langen 1″ dicken Magneten, so dafs dieser gerade 2″ aus ihr hervorragte; dann leitete ich einen Strom, welcher die Nadel auf 14° 34′ ablenkte hindurch. Ich liefs erst den Strom durch den einen, dann durch beide Drähte nach einander gehen, so dafs erst 152, dann 304 Windungen von derselben Stromstärke durchlaufen wurden. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung,

1) Pogg. Ann. Bd. 47, S. 252. u. f.

dafs ich den Strom immer mittelst des Widerstandmessers regulirte, und also bei diesem den Widerstaud verringern oder eine stärkere Säule nehmen mufste, wenn sich der Widerstand in der Spirale vergröfserte:

Das Resultat war diefs:

XVI. Anziehung des 12″ langen 1″ dicken Magneten auf den 6″ langen 1″ dicken Anker bei verschiedener Anzahl von Drahtwindungen und der Stromstärke 14° 34′.

	152 Windungen.	304 Windungen.
Berührung	0,77 Pfd.	3,1 Pfd.
¼ Umdr.	0,21 »	0,98 »
½ »	0,18 »	0,83 »
¾ »	0,14 »	0,68 »
1 »	0,125 »	0,57 »
2 »	0,08 »	0,34 »
3 »	0,055 »	0,23 »
4 »	0,04 »	0,16 »
5 »		0,13 »
6 »		0,11 »
7 »		0,083 »
8 »		0,07 »
9 »		0,062 »

Wir sehen hier bei der Anziehung in Berührung genau 4 mal so grofse Anziehung bei der doppelten Windungszahl als bei der einfachen. Die folgenden Anziehungen sind gröfser als das 4 fache bis bei 2, 3 und 4 Umdrehungen wieder nur die 4 fache Anziehung eintritt.

Hiernach fände ein Verhältnifs statt, wie die Quadrate der Windungszahl.

Ich wählte darauf einen 12″ langen ¾″ starken Magneten, welcher dieselben Verhältnisse wie der vorige gab:

XVII. Anziehung des 12″ langen ¾″ starken Magneten auf den 6″ langen 1″ dicken Anker bei verschiedener Windungszahl und gleichem Strom = 14° 34′.

	152 Windungen.	304 Windungen.
Berührung	0,78 Pfd.	3,2 Pfd.
¼ Umdr.	0,2 »	1 »
½ »	0,16 »	0,8 »
¾ »	0,13 »	0,65 »
1 »	0,1 »	0,52 »
2 »	0,06 »	0,3 »
3 »	0,037 »	0,18 »
4 »		0,13 »

Wir sehen bei diesen Versuchen ebenfalls wieder in Berührung genau die 4 mal so grofse Anziehung, in den Entfernungen wieder mehr. Ich konnte wegen der geringen Anziehung die Reihen nicht weit fortsetzen und wählte daher noch eine andere Reihe, wo derselbe Magnet durch zwei solcher Spiralen (also durch 608 Windungen und durch die Hälfte), welche sich unter einander befanden, magnetisirt wird durch den Strom der die Nadel auf 14° 34′ ablenkte.

XVIII. Anziehung des 6″ langen 1″ dicken Ankers durch den 12″ langen ¾″ starken Magneten bei 304 und 608 Windungen bei dem Strom 14° 34′.

	304 Windungen.	608 Windungen.
Berührung	1,3 Pfd.	6 Pfd.
¼ Umdr.	0,65 »	4 »
½ »	0,48 »	2,5 »
¾ »	0,38 »	1,8 »
1 »	0,3 »	1,45 »
2 »	0,177 »	0,7 »
3 »	0,11 »	0,42 »
4 »	0,08 »	0,31 »
5 »	0,06 »	0,23 »
6 »	0,048 »	0,18 »
7 »	0,029 »	0,14 »
8 »		0,12 »

Wir finden auch hier dieselben Erscheinungen wie bei den vorigen Versuchen. Vergleichen wir diese quadratischen Verhältnisse, besonders die Abweichungen von dem Quadrat, mit denen bei der Anziehung in Bezug auf die *Quadrate der Ströme*, wie sich zeigt in den Reihen I und III, II und IV, X und XI, so finden wir, dafs hier in Berührung die quadratische Anziehung gröfser ist als dort. Dort ist die Anziehung in Berührung immer kleiner als das richtige Quadrat der Ströme, in jeder Entfernung aber zeigte sich durchschnittlich die Anziehung dem Quadrat der Ströme genau proportional.

Wenn nun in jenen früheren Fällen das nicht genaue Quadrat in Berührung seinen Grund in äufsern Uebelständen hat, so müfste hier sich dieselbe Ungenauigkeit zeigen wie dort, wenn wirklich ebenfalls quadratische Verhältnisse stattfinden. Zeigen sich hier nicht dieselben Fehler, so ist entweder nicht dasselbe Verhältnifs, oder die Umstände, unter denen hier die Anziehung stattfindet, sind nicht dieselben wie dort. Es ist aber hier Alles dasselbe wie dort, aufser der Spirale. Diese Spirale ist nun freilich eine ganz andere. Während die früher immer angewandten Spiralen nur aus 2 Lagen viel dünneren Kupferdrahtes, der mit Seide besponnen ist., bestehen, so dafs sie im Ganzen nur $1\frac{1}{4}''$ Durchmesser haben, hat die jetzt angewandte Spirale 8 Lagen mit Wolle besponnenen Kupferdraht und erreicht dadurch einen Durchmesser von $3\frac{5}{8}''$. Hierdurch wird nun die Seitenwirkung gröfser, und diefs könnte wohl auf den nur 2″ entfernten Anker so influiren, dafs sich obige Abweichung zeigte. Ist diefs der Fall, so mufste wieder die Erscheinung wie früher eintreten, wenn ich die Spirale mehr von der Berührungsfläche entfernte. — Ich that diefs. Ich schob die Spirale fast an das andere Ende des Magneten, so dafs dieser um 7″ aus derselben hervorstand. Jetzt war keine bedeutende Einwirkung auf den Anker mehr wahrscheinlich, ich hatte jetzt ungefähr dasselbe Verhältnifs der weiten Spirale zum Magneten in Be-

zug auf die Seitenwirkung als unter den früheren Verhältnissen die enge Spirale.

Ich liefs nun wieder den 12″ langen $\frac{3}{4}$″ dicken Magneten den 6″ langen 1″ dicken Anker bei einer Stromstärke 25°, bei einfacher und doppelter Windungszahl, anziehen und erhielt folgende Resultate:

XIX. Anziehung des 12″ langen $\frac{3}{4}$″ dicken Magneten auf den 6″ langen 1″ dicken Anker durch 152 und 304 Windungen bei der Stromstärke von 25°.

	152 Windungen.	304 Windungen.
Berührung	0,35 Pfd.	1,8 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,15 »	0,6 »
$\frac{1}{2}$ »	0,11 »	0,43 »
$\frac{3}{4}$ »	0,084 »	0,32 »
1 »	0,073 »	0,28 »
2 »	0,042 »	0,15 »
3 »		0,1 »
4 »		0,07 »
5 »		0,055 »
6 »		0,04 »

Aufserdem stellte ich noch 2 Versuche in demselben Sinne an. Ich nahm den 12″ langen 1″ dicken Magneten und liefs ihn den 6″ langen $\frac{1}{2}$″ dicken Anker anziehen bei den Stromstärken 19° und 30° Ablenkung. Ich habe also hier aufser der Spirale Alles geändert um zu sehen, ob auch unter jeder beliebigen Bedingung dasselbe Resultat sich zeigen werde. Ich erhielt diese Reihen:

XX. Anziehung des 12″ langen 1″ dicken Magneten auf den 6″ langen $\frac{1}{2}$″ dicken Anker durch 152 und 304 Windungen bei den Stromstärken 19° und 30°.

	19°.		30°.	
	152 Wind.	304 Wind.	152 Wind.	304 Wind.
Berührung	0,44 Pfd.	1,5 Pfd.	1,15 Pfd.	3,8 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,1 »	0,4 »	0,25 »	1 »
$\frac{1}{2}$ »	0,06 »	0,25 »	0,17 »	0,7 »

	19°.		30°.	
	152 Wind.	304 Wind.	152 Wind.	304 Wind.
¾ Umdr.	0,04 Pfd.	0,18 Pfd.	0,12 Pfd.	0,5 Pfd.
1 »		0,14 »	0,09 »	0,39 »
2 »		0,051 »	0,044 »	0,16 »
3 »		0,038 »		0,11 »
4 »				0,08 »
5 »				0,058 »
6 »				0,037 »

Alle diese Reihen liefern uns wieder dieselbe Erscheinung wie die früheren bei den Quadraten der Stromstärke, und so ist durch diese Versuche aufser Zweifel:

„*Die Anziehung verhält sich wie die Quadrate der Anzahl der Windungen.*“

Wenigstens mufs diefs bestimmt von der Wirkung in nicht unmittelbarer Berührung behauptet werden. Allein ich glaube auch hier, dafs vorzugsweise die mangelhafte Berührung der Grund zu der Abnormität in Berührung ist.

Wenn nun von HH. Lentz und Jacoby gesagt wird, dafs die *Totalwirkung* aller Windungen gleich der Summe der einzelnen ist, so mufs wenigstens hinzugesetzt werden „*auf die Inductionsspirale*“, denn unter Totalwirkung kann auch die *Anziehung* verstanden werden, was vielleicht Hr. Jacoby nicht gewollt hat, was aber doch auch von Physikern dabei gedacht wird. So sagt z. B. das Lehrbuch von Pouillet u. Müller Bd. 2. S. 209: Um beliebig *starke Magnete* zu machen, braucht man nur dickere Eisenstäbe anzuwenden, man braucht nur bei doppeltem, dreifachem etc. Querschnitt des Drahtes doppelt, dreimal etc. so viel Drahtwindungen um das Eisen herumzuführen, um eine doppelte, dreifache etc. *Wirkung* zu haben. Hier ist unter „*starke Magnete*“ und „*Wirkung*“ die Anziehung derselben verstanden.

Der andere Fall, in welchem eine vermehrte Windungsanzahl auftreten kann, ist, dafs die Windungen neben einander geordnet werden, und also die Spirale dadurch länger wird, einen längeren Theil des Eisenkerns bedeckt. Um diefs zu prüfen, hatte ich schon ein Beispiel in die-

sen Versuchsreihen XVII und XVIII, wo bei den letztern die doppelte Windungszahl neben einander liegt. Ist das Gesetz von den Quadraten richtig, so mufste es hier auch hervortreten, aber die Quadratzahlen mufsten etwas zu klein seyn, da die Windungen weiter vom Berührungspunkte entfernt sind. Wir sehen, dafs es sich wirklich so verhält. Die vierte Colonne ist nahezu das 16fache von der ersten.

Ich nahm nun noch meine früheren Spiralen und umgab den 12″ langen $\frac{3}{4}$″ dicken Magneten zuerst mit einer, dann mit zweien etc. bis auf 6 Spiralen (d. h. 336 Windungen) immer so, dafs der Abstand der nächsten Spirale $\frac{3}{4}$″ von der Endfläche war.

XXI. Anziehung des 12″ langen $\frac{3}{4}$″ starken Magneten durch verschiedene Spiralen magnetisirt bei dem Strom 20°.

	1 Spir.	2 Spir.	3 Spir.	4 Spir.	6 Spir.
Berührung	0,25 Pfd.	1,4 Pfd.	1,85 Pfd.	3 Pfd.	3,4 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,1	0,32	0,67	1	1,3
$\frac{1}{2}$ »	0,07	0,22	0,46	0,72	0,97
$\frac{3}{4}$ »	0,05	0,17	0,38	0,58	0,75
1 »	0,044	0,14	0,32	0,45	0,62
2 »		0,08	0,17	0,26	0,34
3 »		0,05	0,11	0,17	0,22
4 »			0,08	0,12	0,16
5 »			0,061	0,09	0,12
6 »			0,045	0,07	0,093

Wir finden auch hier dasselbe Resultat. Die Zahlen sind etwas kleiner als der Quadrat der Anzahl der Windungen. Wir bemerken aber ferner, dafs das Verhältnifs der Anziehung immer enger wird, je mehr die Windungsanzahl sich vergröfsert. — Abgesehen von der Anziehung in Berührung ist die Anziehung einer Spirale zu der von 2 etwas gröfser als . . . . 1 : 3,
ebenso ist die von 2 : 4 Spiralen noch gröfser als 1 : 3,
die von 3 : 6 Spiralen ist genau . . . . . = 1 : 2,
die von 1 : 3 Spiralen . . . . = 1 : 7,
dagegen die von 2 : 6 Spiralen etwas gröfser als = 1 : 4,
und endlich die von 4 : 6 Spiralen . . . . . = 3 : 4.

Was die Anziehung in Berührung anbetrifft, so sind auch hier wie bei den früheren Fällen die Resultate für die passenden Verhältnisse zu klein.

Wir finden mithin aus diesen Versuchen:

1) „Wenn die Windungsanzahl vergröfsert wird, doch so, dafs die Windungen neben einander geordnet werden, so findet nicht das vollkommene Verhältnifs der Quadrate der Anzahl der Windungen statt."

Die Zahlen sind etwas kleiner, liegen jedoch den Quadraten nach näher als dem einfachen Verhältnifs, bis diefs erst bei gröfserer Längenausdehnung der Spirale eintritt; d. h.

2) „Die verhältnifsmäfsige Zunahme der Anziehung ist bei verhältnifsmäfsig vermehrter Windungsanzahl um so geringer, je mehr Windungen schon vorhanden sind."

(Schlufs im nächsten Heft.)

III. *Ueber die Thätigkeit der meteorologischen Stationen in Georgien. Aus einem Berichte an den Fürsten Woronzow und aus Briefen an die HH. L. v. Buch und A. v. Humboldt; von Hermann Abich.*

I. Aus dem Bericht an den Fürsten Woronzow.

Seit Ende des Jahres 1847 ist an sieben Orten in Georgien ein System regelmäfsiger Beobachtungen des Baro-, Thermo- und Hygrometers, der Windesrichtung und der Menge des gefallenen Regens und Schnees in unausgesetzter Thätigkeit.

Die vergleichende Tafel, welche diesem Berichte angehängt ist, enthält die Mittelwerthe eines jeden Beobachtungs-Elements (mit Ausnahme des Barometerstands) für

die 12 Monate des Jahres 1848 zu *Baku, Lenkoran, Schemaka, Redut-Kaleh* und *Kutais* [1]). Diese Zahlenwerthe, welche die mittleren Resultate von mehr als 8000 mit sorgfältig unter sich verglichenen Instrumenten und zu correspondirenden Stunden angestellten Beobachtungen sind, setzen uns in den Stand, *den aufserordentlichen Einflufs, welchen das asiatische Continent auf die Temperaturvertheilung in Transkaukasien ausübt,* viel positiver als es bisher erlaubt war zu beurtheilen, indem sie uns zugleich die sonderbare und neue Thatsache kennen lehren, dafs das Kaspische und Schwarze Meer ihre Etesien oder Moussons haben wie das Mittelländische Meer und der Indische Ocean.

Der continentale Einflufs von Asien, dessen ich eben erwähnte, äufsert sich noch deutlicher, wenn man den Gang der Isothermen in unserem Lande verfolgt. Die Skizze der klimatologischen Karte auf Taf. VI. wird die Untersuchung darüber erleichtern. Jedoch ist zu bemerken, dafs die Isothermen-Linien, welche die Punkte gleicher Mittelwärme vereinen, in Bezug auf das Niveau des Meeres gezogen sind. Es folgt daraus, dafs die Mitteltemperatur jedes Orts, welcher über dem Meeresspiegel liegt, reducirt werden mufs auf die, welche ihr correspondirt, wenn es sich darum handelt, die Verhältnisse des Orts zu irgend einer Isotherme zu untersuchen. So ist die Mitteltemperatur von *Tiflis* 9°,81 R. und die absolute Höhe des Observatoriums fast 1300 par. Fufs. Nimmt man eine Wärme-Abnahme von einem Grade für 500 par. Fufs an, so mufs Tiflis, reducirt auf den Meeresspiegel, eine mittlere Jahrestemperatur von $9{,}81 + 2{,}60 = 12^{\circ}{,}41$ R. haben. Reducirt man in eben der Weise die mittlere Temperatur von Kutais auf den Meeresspiegel, so erhalten wir, da die Höhe dieser Stadt 446 par. Fufs beträgt, $11{,}60 + 0{,}98 = 12^{\circ}{,}49$. Ein Blick auf die Karte zeigt uns, dafs die Isotherme von 12° R. Tiflis und Kutais

1) Durch den Brief von Hrn. v. Humboldt, den ich, als Obiges dem Druck übergeben werden sollte, von Hrn. Prof. Dove mitgetheilt bekam, konnte diese Tafel auf das Jahr 1849 und noch auf einige andere als die genannten Orte ausgedehnt werden. P.

in sehr genauem Verhältnifs mit Nizza 12°,5, Florenz 12°,2, Rom 12°,3 und Trebisonde 12°,2 verbindet. Von Rom bis Tiflis, welche fast unter derselben geographischen Breite liegen, verläfst die Curve der Isotherme 12° nicht eine Zone, welche sich zwischen 40 und 42½ Breite hinzieht. Westlich von Rom sehen wir die Isotherme 12° sogar bis zur Breite 45° aufsteigen. Oestlich von Tiflis findet offenbar das Gegentheil statt. Statt durch das Kaspische Meer hin und jenseits desselben ihren Gang in der Zone zwischen 40 und 42½° zu verfolgen, biegt die Isotherme von 12° plötzlich herab und nähert sich dem Aequator; sie scheint das südliche Küstenland des Kaspischen Meeres zu treffen oder blofs daran vorbei zu streifen, und entzieht sich dann, wegen mangelnder Beobachtungen, der weiteren Untersuchung.

Diese interessante und unerwartete Entdeckung verdankt man den vergleichenden Beobachtungen von *Redut-Kaleh, Kutais, Baku* und *Lenkoran,* Orten, die trotz eines Breitenunterschiedes von 4°, fast eine gleiche Jahrestemperatur geniefsen. Zerfällt man die vier Orte in zwei Gruppen, so hat man für die westliche, dem schwarzen Meere angränzende, d. h. für Redut und Kutais, eine Mitteltemperatur von 11°,52 R. und für die östliche, dem Kaspischen Meer benachbarte, d. h. für Baku und Lenkoran, eine Mitteltemperatur von 11°,27 R.

Die allgemeinen Gesetze der Temperatur-Vertheilung auf unserem Erdkörper beweisen, dafs zwischen den Parallelen von 38° und 45° ein Breitengrad einem Unterschied in der mittleren Jahrestemperatur von fast einem Réaumur'schen Grad entspricht. Nimmt man nach diesen theoretischen Betrachtungen, den Breiten-Unterschied von Tiflis, Baku und Lenkoran in Rechnung, so erhält man für Baku eine berechnete Mitteltemperatur von 13,09 und für Lenkoran eine von 13°,86. Indefs zeigt die directe Beobachtung, dafs die wirklichen Temperaturen 1°,50 und 2°,62 geringer sind als sie seyn müfsten. Vermöge dieser Depression der mittleren Jahrestemperatur zeigen uns die Zahlen

von Baku und Lenkoran dafs daselbst die Winter zwei bis drei Mal strenger sind als zu Kutais und Redut.

Der Anblick der kleinen Tafel (am Schlusse dieses Berichts), welche die an einigen Wintertagen in der Zone zwischen 38 und 44° Br. und westlich von Tiflis beobachteten Temperatur-Minima vergleicht mit den in derselben Zone östlich von Tiflis beobachteten Minimis, zeigt uns für Lenkoran — 9°,1, Baku — 4°,2, Derbent — 11°,8 und Bokhara — 18°,6 R.

Die ungleiche Vertheilung einer selben Menge jährlicher Wärme zwischen den verschiedenen Jahreszeiten äufsert sich also in der bestimmtesten Weise in dem Maafse als man von Tiflis aus gegen Osten vorrückt. Die Unterschiede zwischen den Winter- und Sommertemperaturen folgen demselben Gesetze. Die aus diesen Thatsachen hervorgehende Wahrheit ist nicht neu. Allein zu der Zeit, da man sich über die Anpflanzung des Zuckerrohr's zu Lenkoran stritt, ahnte man sicherlich nicht, dafs dieser, unter der Breite von Smyrna und Palermo liegende, Ort nicht die Jahres- und Sommertemperatur von Montpellier besitzt, sondern die Wintertemperatur von Trier und Maestricht, und es war gleichfalls unbekannt, dafs die klimatischen Bedingungen von Imiretien und Mingrelien für den Versuch einer Kultur dieser Art weit günstiger sind. Wie grofs auch die petrographische und physiognomische Aehnlichkeit ist zwischen den Bergen von Lenkoran und denen von Guriel und Imiretien, so verliert doch der Gesammt-Charakter der Vegetation, welche die Berge von Talysch und die sumpfigen Ebenen an deren Fufse bedeckt, das Gepräge einer weniger günstigen klimatischen Disposition. Die immergrünen Sträuche, welche z. B. den Wäldern von Colchis so vielen Reiz verleihen, wie der Lorbeer (*Laurus nobilis*), der selbst in den geschützten Thälern der Umgegend von Kutais reichlich vorkommt, und der Kirschlorbeer (*Laurus cerasus*), meiden *gänzlich* die nebligen und kalten Winter der Küsten von Talysch und Lenkoran. Der Buchsbaum (*Buxus sempervirens*) gelangt niemals zu jener baum-

artigen und üppigen Entwicklung wie zu Imiretien und Mingrelien z. B. im Thale von Ingur. Selbst die Stechpalme (*Ilex aquifolium*) zeigt sich nur spärlich und verkrüppelt in wenig erhobenen, aber den Nordwinden ausgesetzten Orten. Die Rhododendren und Azalien sind gleichfalls unbekannt zu Talysch und Lenkoran. Das Ansehen und der Charakter der Wälder auf den Bergen von Lenkoran erinnert, so wie man sich ein Paar hundert Toisen über das Niveau der Ebene erhebt, häufig weit mehr an die bewaldeten Berge des Nordens, und so wie man sich der Gränze der Waldregion nähert, bedecken sich die Bäume mit einer Art von grünlich grauem Moose, welches in langen und zarten Bündeln von allen Zweigen herabhängt. Zu Lenkoran hat man keine guten Früchte mehr; sie sind weder schmackhaft noch süfs, sondern steinig und halb wild; erst durch eine künstliche Kultur gewinnt man aus den wilden Reben einen leidlich trinkbaren Wein.

Vermuthlich giebt es in ganz Georgien keinen feuchteren Ort als Lenkoran. Wie aus den Beobachtungen hervorgeht, ist die Atmosphäre daselbst fast beständig mit Wasserdampf gesättigt. Die aufserordentliche Menge Wasser, die daselbst in Gestalt von Schnee und Regen fällt, trägt offenbar bei zur Erniederung der Jahrestemperatur. Der Verlust an Wärme, die latent wird durch Verdampfung der Wassermassen, welche während der regnigten drei Viertel des Jahres auf das sumpfige und bewaldete Littoral herabfallen, mufs eine kältende Ursache seyn, deren Wirkung nicht aufgewogen wird durch die der Wärme-Entwicklung bei Bildung der Regen, weil die atmosphärischen Ströme, welche die letzteren erzeugen, zugleich Luft herbeiführen, deren Temperatur geringer als die des Bodens ist. Die Dämpfe, die sich aus dem Kaspischen Meere erheben, werden durch die Nordost- und Nord-Nordostwinde gegen die Region der Südwestküste dieses Meeres getrieben, um dort, durch die Berge von Talysch aufgehalten, sich in Wolken anzuhäufen, aus denen das Wasser gleichsam mechanisch ausgedrückt wird. Aehnliche Vor-

gänge sehen wir zu Kutais, aber alles ist dort umgekehrt. Die Dünste des schwarzen Meeres werden durch die lauen Südwest- und Westwinde in diesen entlegenen Winkel von Colchis getrieben und es fällt daselbst jährlich mindestens dieselbe Menge Wasser wie zu Lenkoran. Allein die Temperatur der Luft und des Windes, welche die Regen herbeiführen, ist höher, und aus diesem Grunde ist die kältende Wirkung der Verdampfung weniger merkbar. Die mäfsige Regenmenge, welche zu Baku fällt, und sich zu der zu Lenkoran und Kutais wie 1 : 4,59 und 1 : 5,20 verhält, scheint eine Wirkung der Ursachen zu seyn, welche die Temperaturen von Baku höher stellen als die von Lenkoran. Diese Erscheinung entspringt offenbar aus der freien und fast unausgesetzten Bestrahlung der grofsen Ebenen, welche der Kura durchläuft. Die aufserordentliche Zunahme der absoluten Luftfeuchtigkeit zu Baku während der heifseren und regen-ärmeren Monate des Jahres scheint auch darin ihre Erklärung zu finden.

Etesische Winde.

Ein anderes, bisher unbekanntes meteorologisches Phänomen, das uns die Beobachtungen des Jahres 1848 entdecken liefsen, betrifft den regelmäfsigen Wechsel von Winden nach den entgegengesetzten Jahreszeiten, Winter und Sommer; Winden, welche man im Indischen Oceane Moussons, und im Mittelländischen Meere Etesien nennt.

Erwägt man die ungleiche Erwärmung des Meeres und des Bodens, so wie die Verhältnisse der Gestaltung und relativen Lage der die Meeresküste bildenden Ebenen und der dieselben umsäumenden Berge, so ist der Grund nicht schwer zu finden, weshalb zu Lenkoran und Redut ein Wechsel in der Windesrichtung stattfindet, so dafs im Winter zu Lenkoran ein Nordwest-Mousson herrscht, während zu Redut der Südost-Mousson weht. Im Sommer sind die Rollen vertauscht; zu Redut herrscht der NW. und zu Lenkoran der SO. In Folge dieser regelmäfsigen Veränderung geniefst Redut den grofsen Vorzug, wenig-

stens im Winter eine trockne und gesunde Luft zu haben. In dem Maafse aber als die Sommerwärme zurückkehrt, und die Ebene von Colchis sich stärker erhitzt als das Meer, beginnen die westlichen Winde wiederum die Landwinde zu verdrängen und die Luft gelangt bald auf das Maximum ihrer Feuchtigkeit. Die Zunahme und die Stärke der verderblichen Fieber fällt in diese Zeit.

Der Winter-Mousson zu Lenkoran ist ein Landwind, aber defsungeachtet ist er viel feuchter als der Ost- und Südostwind, welcher während dieser Jahreszeit zu Redut weht, wie wir eben gesehen.

In diesen etesischen Winden des Schwarzen und Kaspischen Meeres erkennen wir ein sehr auffallendes Beispiel der innigen Beziehung, die zwischen dem hygrometrischen Zustand der Atmosphäre und den die Jahreszeiten bedingenden Epochen vorhanden ist. Diefs ist der Ausgangspunkt einer Gattung von Untersuchungen und Anwendungen klimatologischer Beobachtungen, welche für die Lösung pathologischer Probleme und landwirthschaftlicher Fragen, besonders in Betreff des Weinbaues, ohne Zweifel sehr fruchtbar werden müssen. Der Vergleich ist der Lebensnerv für diese Aufgaben und in demselben Maafse als die Zahl der meteorologischen Stationen systematisch vermehrt wird, wächst auch der absolute Werth der Untersuchungen.

II. Aus einem Briefe an Hrn. L. v. Buch [1]).

Tiflis, d. 24. Juni 1849 alt. St.

Die Methode für die Berechnung der Temperaturwerthe war die folgende. — Von Anfang an bemüht für die Beobachtungen die Stunden festzustellen, deren Combination für Tiflis arithmetische Mittel liefert, die sich möglichst wenig von dem wahren Mittel der Tage entfernen, erhielt ich überall gute Beobachtungsreihen, aus denen Werthe abzuleiten waren, die nur einer kleinen Correctur bedurften.

1) Wir heben aus diesem Briefe nur hervor, was den befolgtem Beobachtungsverfahren zur Erläuterung dient.

Diese Correctur wurde auf Grundlage der Tifliser Beobachtungen und der aus denselben abgeleiteten Tabellen über den stündlichen Gang der Wärme daselbst wie gewöhnlich in Anwendung gebracht, mit Hinzufügung jenes veränderlichen Coëfficienten, der auf die Verschiedenheit der Wärmevertheilung von einer Beobachtungsstunde zur andern zwischen Tiflis und dem jedesmaligen Beobachtungsorte Rücksicht nimmt. Häufig konnte auch von der Formel $7+2+2\times9$ Gebrauch gemacht werden, die überall ein scharfes Resultat giebt, welches, wie bekannt, gar keiner Correctur bedarf. Die Listen der Beobachtungen sind an mehreren Stationen reichhaltig genug, um den Werth noch anderer theoretisch zu suchender Formeln für die Stundengruppen an den beobachteten Werthen selbst prüfen zu können. Nach meinen Erfahrungen und vielfachen Prüfungen der verschiedenen für die Orte Grusiens tauglichen Stundengruppen darf ich annehmen, dafs die in der Tabelle aufgenommenen Werthe so nahe um die Wahrheit oscilliren müssen, dafs sie mit derselben als zusammenfallend zu betrachten sind. Indefs bleibt eine Revision dieses Gegenstandes aus den Originalheften, so wie der von mir geführten genau aufgezeichneten Rechnungen einer späteren Zeit vorbehalten.

Ich bemerke hier noch anmerkungsweise Folgendes. Wenn man die Tabelle der stündlichen Wärmevertheilung des vollen Jahres für Tiflis mit den Tabellen von Leith, Padua und Apenrade vergleicht, so findet sich, dafs die Momente, an welchen Vor- und Nachmittags die der mittleren Jahrestemperatur entsprechenden Temperaturen auftreten, für Tiflis $9^h\,32^m$ Morgens und $8^h\,19^m$ Abends erfolgen, mithin $10^h\,47^m$ auseinanderliegen. Wenn diese interessanten Momente nun in Padua $11^h\,14'$, in Leith $11^h\,12'$, in Apenrade $11^h\,11'$, in Madras aber nur 10^h auseinanderliegen, so ist es wohl der Beachtung werth, dafs Tiflis beinahe auf der Mitte der von NO—SO gerichteten Linie liegt, welche die gerade Entfernung zwischen Leith und Madras darstellt, auch in Betreff der Entfernung jener beiden Mo-

mente von einander ziemlich annähernd eine mittlere Stellung einnimmt.

Das Princip, wornach aus den Angaben des Psychrometers die Dunstspannung der Luft für die 24stündige Periode in den gebräuchlichsten Ausdrucksweisen abgeleitet worden ist, möchte vielleicht weniger tadelfrei seyn. Zuerst versuchte ich das 24stündige Mittel aus den Maximis und Minimis der angegebenen Beobachtungen abzuleiten, allein ich gewann die Ueberzeugung, dafs dieser Weg ein sehr unsicherer sey und keineswegs befriedigende Resultate liefere. Aus Gründen, die allerdings weniger mit der Schärfe des mathematischen Beweises der Theorie entnommen wurden, sich vielmehr auf empirische Untersuchungen stützen, für welche mir die Tifliser Tabellen für die Dunstverhältnisse einen vergleichenden Anhaltspunkt gewährten, brauchte ich zur Bestimmung der täglichen und monatlichen Mittel für absolute und relative Feuchtigkeit in den meisten Fällen dieselben Stundengruppen, nach welchen die Temperaturverhältnisse bestimmt wurden, mit Anwendung einer Correctur, die, nach den Tifliser Tabellen berechnet, sich immer nur sehr klein zeigte. Während somit die gewonnenen relativen Dunstspannungen gewifs in richtigen Zahlen ausgedrückt sind, könnte ihr absoluter Werth vielleicht noch eine kleine Veränderung erfahren, sobald eine mit noch vermehrten Reihen vorzunehmende Revision die Anwendung einer anderen Methode gestatten wird, bis dahin darf den jetzigen Werthen ein sehr annähernder Werth von Genauigkeit, meines Erachtens nach, zugeschrieben werden.

Die Pluviometer-Angaben können als zuverlässig betrachtet werden; auch in Bezug auf die Niederschläge in Form von Schnee. Die von mir gegebenen Instructionen sind genau befolgt worden, auch waren die auf jeder Station befindlichen doppelten Maafsflaschen für jedes Pluviometer von mir selbst besonders für jeden $\frac{1}{100}$ Zoll calibrirt. Ein Fehler von Seiten des Instrumentes ist also nicht zu fürchten. Das Maafs ist hier der engl. Zoll.

Die Windverhältnisse habe ich, gedrängt von der Zeit, vor

vor der Hand auf die alleinige Angabe ihrer relativen Häufigkeit, die Summe aller = 1000 genommen, beschränkt. Die interessanten Erscheinungen des Windwechsels nach den Jahreszeiten zeigen sich in dieser Darstellungsweise schon ganz deutlich. Die Uebersicht des meteorologischen Verlaufs des Januarmonats 1849 für 12 Orte in Grusien bedarf wohl kaum eines Commentars; es liegen Thatsachen darin, welche wohl die ganze Wichtigkeit zeigen, die noch fernere vollständig durchgeführte Jahreslisten für die Wissenschaft haben werden.

Fünf monatliche vollständige Beobachtungsjournale von 1849 befinden sich bereits in der besten Ordnung ausgeführt in meinen Händen. So steht die diefsjährige Januartemperatur in Lenkoran und Baku in einem unverkennbaren Zusammenhange mit der geringeren Quantität der Niederschläge und der ganz entgegengesetzten Richtung des herrschenden Windes im Vergleich mit dem Januar 1848. Für Redut und Kutais blieben, unerachtet der aufsergewöhnlichen Massen der Schneeniederschläge, die Temperaturverhältnisse nahe constant mit denen von Januar 1848. Die frappanten Contraste in den Temperaturverhältnissen des Januar zwischen Schuscha und Alexandropol, Orten, die nur um 1000 Fufs in absoluter Erhebung differiren, begründen gleichfalls eine interessante Wahrnehmung. Von allen 12 Beobachtungspunkten hatte Schuscha im Januar jedenfalls die mildeste, und Alexandropol die kälteste Temperatur. Es scheint die hohe Januartemperatur in Schuscha einer anhaltenden oberen Luftströmung zugeschrieben werden zu müssen, die vom NW, der am ganzen Kaukasus herunter herrschte, zur Seite gedrängt worden zu seyn scheint, weshalb auch das gegenüberliegende Schemaka, ungeachtet einer um 1400 Fufs geringeren absoluten Erhebung, bedeutend kälter blieb. Der wahre Herd der excessiven Kälte von Alexandropol schien, wie immer, in den Schnee-einöden des vulkanischen Hochgebirgs mit seinen ausgedehnten Plateauverhältnissen zu liegen, wo sich die Quellengebiete des Kura (Hochland von Ardahan), des Araxes

und des Murad befinden. Im Winter 18$\frac{44}{45}$, wo unsere Beobachtungen in Erivan vom 6. Jan. (alt. Styls) bis zum 15. durch den Greiner'schen Thermometrographen folgende Minima anzeigten: — 22; — 17; — 22; — 24; — 25; — 25,2; — 25; — 22 — 20° R., geben die Listen von Alexandropol, durch den Oberst Wittrowsky geleitet, bis zu 31° R. Kälte ganz in Uebereinstimmung an.

In diesem Jahre scheint eine aufsergewöhnliche Kälte am oberen Euphrat- und Tigrisflufsgebiet geherrscht zu haben; ja es soll sogar der Tigris in der Breite von Mosul gefroren gewesen seyn. Wir werden über diese Verhältnisse genaue Nachrichten durch die Beobachtungen der Missionare erhalten. In genauer wissenschaftlicher Verbindung mit dem Dr. Smith, einem ihrer Hauptpersonen, den ich in Erzerum kennen lernte, war es lange mein Wunsch, diese Verbindung mit jenen thätigen und wissenschaftlich unermüdet arbeitenden Leuten, durch einen Besuch in Urmia und Mosul noch enger und nutzbringender zu gestalten. Es wäre das Alles leicht auszuführen; es wäre möglich ein geregeltes System gleichzeitiger Beobachtungen von Astrabad an über Teheran, Mosul, Beirut, Jerusalem, Smyrna, Brussa, Constantinopel und zurück über Trebisonde bis nach Grusien zu erhalten, indem die Missionare sehr bereitwillig einem gemeinsamen Plane sich anschliefsen würden. Ich wollte die Ausführung eines solchen Planes ohne grofse Schwierigkeit und Kosten garantiren. —

III. Aus einem Briefe an Hrn. A. v. Humboldt.

Tiflis, den 28. Febr. 1850 alt. St.

— Die Beobachtungen von 1848 hatten das unerwartete und interessante Resultat gegeben, dafs der Isothermengürtel zwischen 11 und 12° R., nachdem er den Isthmus zwischen dem Schwarzen und Kaspischen Meere im Süden des Kaukasus quer durchsetzt hat, vom Ufer des Kaspi-See an eine plötzliche Einbiegung gegen Süden und zwar dergestalt erleidet, dafs die mittlere Jahrestemperatur von Redut mit

11,24°, in Lenkoran, und die von Kutais, mit 11,57 in Baku wiedergefunden wird. Das Auffallende dieser Thatsache erschien noch dadurch vermehrt, dafs die mittlere Jahrestemperatur am westlichen Eingange zum breiten Verbindungsthal zwischen dem Euxinischen-Seebecken und der Aralokaspischen Depression um 0,25 wärmer gefunden wurde als die des östlichen Ausganges (durch Baku und Lenkoran repräsentirt), wo die südlichste, unter dem Parallel von Palermo gelegene Station Lenkoran unter den vorgenannten Orten die niedrigste Temperatur besafs.

Die Beobachtungen von 1849 bestätigen nun dieses Resultat nicht allein vollkommen, sondern sie zeigen auch, dafs das absolute Wärmequantum des vergangenen Jahres für die in Rede stehende Region dasjenige des Jahres 1848 um ein Geringes übertroffen hat. Die Gröfse dieses Ueberschusses zeigt sich an sämmtlichen Beobachtungspunkten mit Ausnahme von Kutais auf eine überraschende Weise nahe constant. Für Tiflis ist sie 0,29, für Redut 0,20, für Baku 0,34, für Lenkoran 0,36. Die gröfseren Differenzen von 0,34 und 0,36° beziehen sich im Gegensatze zu den Verhältnissen des Jahres 1848 auf eine um 0,16° R. gröfsere Wärme für den kaspischen Küstenstrich. Dieser Constanz in dem Verhältnifs der absoluten Temperaturvertheilung steht nun eine nicht minder bedeutsame Divergenz in der relativen Vertheilung der Jahreswärme in den verschiedenen Jahreszeiten an jenen Orten zur Seite, die mit den Abänderungen in der Richtung der Winde und der Vertheilung der Niederschläge auf das Engste verbunden erscheint.

Diese Verhältnisse sind es, welche die bedeutende klimatische Differenz zwischen den beiden Jahren 1848 und 1849 für Transkaukasien bestimmt haben; ein temperirter sehr regenreicher Sommer auf der Westhälfte und ein trockner Sommer auf der Osthälfte des transkaukasischen Isthmus sind ihre Grundzüge. Ohne eine vollständige Bearbeitung des barometrischen Beobachtungsmaterials möchte das Zurückführen dieser Erscheinungen auf ihre wahren Gründe

wohl mehrfach in den Fall führen, die Ursache mit der Wirkung zu verwechseln. Die nahe Uebereinstimmung der Differenzen zwischen den absoluten Temperaturen der Jahre 1848 und 1849 läfst erwarten, dafs fortgesetzte Beobachtungen den Parallelismus der Curven für diese auf- und niederschwankende Gröfse auch in Grusien überall als Gesetz erkennen lassen werden. Demgemäfs stimmt auch die mittlere Jahrestemperatur von 1849 in Derbent ebenso nahe mit derjenigen von 1847 überein, wie die mittleren Temperaturen der entsprechenden Jahre unter sich in Tiflis.

Die Wichtigkeit der eigenthümlichen geographischen Stellung von Georgien bestätigt sich, durch Tiflis repräsentirt, auf unzweideutige Weise auch in meteorologischer Beziehung. Man hat den Kaukasus oft die geographische Gränze zwischen Asien und Europa genannt, aber mit noch gröfserem Rechte wird man die klimatologische Gränze zwischen beiden Welttheilen über jene ellipsoidische Urgebirgsanschwellung führen, welche unter dem Namen des Mestrischen Zuges in einer Richtung, die mit den Streichungslinien des Productenkalks auf Armeniens Hochgebieten parallel läuft, die Tiefländer des Isthmus in zwei ungleiche Hälften sondert. Die westliche Hälfte, das Colchierland, steht unter dem überwiegenden Einflusse des maritimen südeuropäischen Klimas, die östliche Hälfte mit den Plateaustufen des grofsen Kurathals [1]) dagegen unter dem des continentalen asiatischen Klimas. Karthalinien erhält somit eine mittlere Stellung und darf unter allen Gebieten von Transkaukasien als dasjenige bezeichnet werden, wo die so eben bezeichneten entgegengesetzten Einflüsse sich am Meisten einer gegenseitigen Neutralisirung nähern, die aber nichts destoweniger, insbesondere für das, von der Höhe von Suram (3013 engl. F. über dem Pontus) schon be-

1) Die oberste Plateaustufe des Kurathales würde einestheils die grofse Thalebene, von Bardjom (2080 engl. F.) an bis Gori (1700 engl. F.), und anderentheils die ausgedehnte Ebene der Liachven, zwischen Gori und Zchinval, umfassen. Den Einflufs dieser bedeutenden Hochebene untersucht die meteorologische Station in Gori.

deutend nach Ost vorgerückte Tiflis, durch das Uebergewicht des continentalen Elements beherrscht und geregelt wird.

Vermochten die Einflüsse des vorjährigen nassen und wohl deshalb kühleren Sommers der pontischen Seite sich auch für Tiflis und, wie es scheint, auch für das südwestlich liegende armenische Hochland geltend zu machen, so bleibt doch die Differenz zwischen der Winter- und Sommertemperatur 1849 in Tiflis in gleichem Verhältnifs überwiegend zu derselben Differenz an den westlichen und östlichen Küstenorten in dem früheren Jahre 1848.

	Tiflis	Redut	Kutais	Lenkoran	Baku	Schuscha.
Differenz für 1848	19,57	16,41	15,32	18,91	19,27	
Differenz für 1849	17,90	12,26	13,29	14,22	15,94	13,63

Von Seiten dieser Differenz findet dagegen für Tiflis eine entschiedene Annäherung an die continentalen klimatischen Verhältnisse des armenischen Hochlandes statt. Tiflis 17,90°. Alexandropol 20,30°. Alarich 20,25° R. Mit unverkennbarer Deutlichkeit tritt überall der wichtige Einflufs hervor, welcher von der nordwestlichen Grundrichtung des Kaukasus und der parallelen des sogenannten armenischen Gebirges sowie von den latitudinalen Zügen der trialetischen und der achalzik-imirethinischen Ketten auf Intensität, Vertheilung und Ausgleichung jener entgegengesetzten Einflüsse zweier Welttheile, und somit auf die Individualisirung der partiellen Klimate in Transkaukasien ausgeübt wird.

Auf eine ähnliche aber entgegengesetzte Weise wie im Nordwest der grofsen osselinischen Kesselthäler, vom Conguticboch an, der Urgebirgstheil des Kaukasus im Norden von Suanien zu den gröfsten Höhen anschwillt, welche das mächtige System des Elburuz dominirt, nehmen im Südost vom Kasbeck die abwechselnden Diorit- und Schieferhöhen der kaukasischen Kämme allmälig an absoluter Erhebung ab. In dem Schutze jener hohen suanetischen Gebirgswälle wird das colchische Tiefland den östlichen Einwirkungen zwar nicht völlig, aber doch so weit entzogen, dafs hoch-

stämmige Apfelsinen- und Citronenbäume, wenige Stunden von Poti entfernt, durch niedrige Hügel vor den nördlichen Winden, die man dort die suanischen nennt, gesichert, alljährig reichliche Früchte tragen [1]) und die umfangreichen Lorbeerwaldgebüsche (*laurus nobilis*) nahe bei Kutais niemals der winterlichen Kälte erliegen. Die südöstliche Kaukasushälfte vermag dagegen dem Herandrängen des continentalen central-asiatischen Elements nur einen bei Weitem weniger wirksamen Damm entgegenzustellen, dessen Einflufs im Osten des Meridians vom Schagdag immer rascher abnimmt. Die Wirkungsphäre des kaspischen Meer-Klimas compensirt nun jenen Mangel entschieden wieder und bringt, im Zusammentreffen mit lokalen Bedingungen für eine potenzirte continentale Sommerwärme, auffallende klimatische Erscheinungen innerhalb der Osthälfte des transkaukasischen Isthmus hervor. Hierdurch wird die kaspische Region in einen aufserordentlichen Contrast mit dem pontischen Küstengebiet geführt, und der ersteren eine ganz andere ethnographische und Kulturalentwicklung vorgeschrieben als dem letzteren.

In keinem anderen Theile von Transkaukasien erreichen mittlere Jahres- und Sommertemperaturen, absolute und relative Feuchtigkeit der Atmosphäre eine gleichzeitige gröfsere Höhe als innerhalb des grofsen Deltas der Kurathal-Mündung, welche bereits so vollständig der kaspischen Depression angehört, dafs ich schon vor zwei Jahren am Vereinigungspunkt des Araxes mit dem Kur das Flufsniveau nur 18 pariser Fufs über dem Spiegel des kaspischen Meeres fand. Aber nirgends ist auch die Quantität der Niederschläge durchgängig für alle Monate der warmen Jahreszeit geringer als in Baku und dem angränzenden südwestlichen Flachlande. Kein Ort in Transkaukasien scheint dagegen an Fülle und Intensität der Niederschläge von Kutais übertroffen zu werden, dessen mittlere Jahrestemperatur sich zwei Jahre hintereinander sehr derjenigen von

1) Die Region dieser Kulturen beginnt zwei Stunden vor dem Gränzort Tschurucksu auf dem Wege nach Batum; ich war im Winter 1849 dort.

Baku genähert hat. Im Jahre 1849 war das Verhältnifs der Niederschläge das folgende: Baku = 1; Alexandropol 2,28; Derbent = 2,55; Lenkoran 5,11; Redutkaleh = 7,36; Kutais = 9,16. Dafs diese eigenthümlichen physikalischen Zustände für den menschlichen Organismus keinerlei hervortretende Nachtheile bedingen, demselben vielmehr zuträglich scheinen, dafür spricht der vorzugsweise gute Ruf, den Baku bei Einheimischen und Fremden unter den in sanitätlicher Beziehung mehrfach angefochtenen Städten Transkaukasiens geniefst.

Die noch nicht vorgenommene Entwicklung der barometrischen Windrosen für Lenkoran Baku und Derbent wird die eigenthümlichen Windverhältnisse von Baku wahrscheinlich als den frappantesten Ausdruck eines schönen Drehungsgesetzes herausstellen, welches mit örtlichen Modificationen seine Anwendung für das ganze Becken des Caspi-See findet. Alle bisherigen directen Wahrnehmungen an den genannten Küstenorten treten in einen harmonischen Zusammenhang, wenn man sie unter den Gesichtspunkt der Existenz einer nördlichen und einer südlichen Strömung stellt, deren constante Wechselwirkung innerhalb der Längenaxe des kaspischen Meeres eine bewiesene Thatsache ist. Welcher Ansicht über den veranlassenden Grund zu der Bewegung der Luftmassen im entgegengesetzten Sinne innerhalb jener Richtung man auch seyn will, sehe man Aequatorial- und Polarströme in denselben oder suche und finde man ihre, der Deklination der Sonne folgende ambulante Wiege in der physikalischen Beschaffenheit und der Configuration der die aralokaspische Depression umringenden Ländermassen überhaupt: das vorhandene Bestreben der beiden Strömungen, sich gegenseitig zu verdrängen, wird ein bestimmtes Drehungsgesetz zur Folge haben *müssen*.

Baku, inselartig, aber genau in der verlängerten Axe des kaukasischen Gebirges gelegen, erhält die nördliche Strömung, die in Derbent z. B. rein als solche erkennbar ist, durch das Gebirge und die steil abfallenden nordwestlich

gelegenen Küsten in eine westliche abgelenkt, mehr oder minder gegen den Meridian geneigt. Das Barometer hält sich hoch, die Temperatur niedrig. Der Zug der Wolken in der Höhe verkündet die südliche Strömung, die in Lenkoran die gleichzeitige Richtung der Fahne bestimmt. Leises Fallen des Barometers und Steigen des Thermometers deuten auf herannahendes Herabsinken des oberen Luftstroms. Eine absolute Stagnation der Atmosphäre tritt ein; das fluthartig in den Baku'schen Golf gepreſste Meeresniveau sinkt auf den Nullpunkt — und bald beginnt der Südost mit steigender Lebhaftigkeit zu wehen. — So der in häufigen Fällen ganz normale Verlauf des Kampfes in Baku. Die Zwischenwinde sind selten von einiger Dauer und erreichen überhaupt in der wärmeren Jahreshälfte ihr Minimum. Ihr relatives Verhalten, so sehr es auch durch complicirte Verhältnisse in den verschiedenen Jahreszeiten maskirt erscheint, scheint dennoch auf eine Drehung des Windes im Sinne der Windrose durch SWNO nach S zu deuten. Durch die in der täglichen Periode für Redutkaleh mit Schärfe hervortretenden Wechsel zwischen Land- und Seewind schimmert in der jährlichen Reihe sehr deutlich der Wechsel eines südwestlichen Stromes mit einem nordöstlichen und östlichen. Wie der Sommer-Musson in Redut die aus der physikalischen Natur der Umgebung resultirenden ungesunden Einflüsse bis zum Maximum steigert, so stellt sich der Winter-Musson mit seiner trockenen continentalen Luft dem ersteren als eine Wohlthat gegenüber.

Doch es ist befriedigender sich aus dem Gebiete der bis jetzt noch mehr oder weniger problematischen Windverhältnisse der transkaukasischen Tiefländer noch einen Augenblick zu den positiveren Resultaten von Beobachtungen zu wenden, in deren mit Sicherheit zu verbürgenden numerischen Werthen die wichtige klimatologische Bedeutung der Plateauverhältnisse des armenischen Hochlandes in bestimmten Zügen hervorzutreten beginnt. Der Zufall hatte es gewollt, daſs ich den ersten Eindruck der reichen Naturverhältnisse von Armenien und insbesondere der Pro-

vinz Ararat unter dem Einflusse eines Jahres empfing, in dem der continentale Charakter des Klimas sich auf eine lange noch nicht dagewesene überaus excessive Weise aussprach. Die Lösung der Fragen im Auge, welche die abnormen Temperatur- und hygrometrischen Verhältnisse der Atmosphäre in der Araratumgebung angehen, hatte ich dafür gesorgt, dafs alle meine ambulanten Beobachtungen sich auf die sichere Correspondenz einer in Erivan eingerichteten meteorologischen Station beziehen konnten, durch deren mehr als einjährige Thätigkeit es mir auch möglich wurde, mit Zuziehung des isochronischen einjährigen Barometermittels von Tiflis die mittlere Erhebung der Araxes-Ebene über das Meer auf einen richtigeren Werth zurückzuführen als derjenige ist, der ihr durch das Parrot'sche barometrische Stationsnivellement war beigelegt worden [1]. Die Resultate, welche ich am Schlusse der einjährigen Reihen (Juni 1844 bis Juni 1845) für die mittleren Temperaturen der Jahreszeiten in Erivan erhielt, erschienen mir dergestalt extrem, dafs ich an ihrer Richtigkeit zweifelte, obschon die Ableitung aus den Maximis und Minimis zu denselben Werthen führte, wie die Berechnung geeigneter Stundengruppen der monatlichen Tage.

Juni 17,5, Juli 19,75, Aug. 20,40, Sept. 18,70, Oct. 11,0, Nov. 4,94, Dec. — 2,82, Jan. — 11,97, Febr. — 2,22. (*Sommer* = 19,20) (Maxim. am 4. 6 u. 13. Aug. 30° R.) (*Herbst* 11,53), (Minim. am 12. Jan. — 25,3°). (*Winter* — 4,25), März = 3,78, April 10,36, Mai 14,95. (*Frühling* 9,69).

Nach diesen Daten, welche auf neuen Styl berechnet sind, ergiebt sich für die 12 Monate vom Juni 1844 bis 1845 eine mittlere Temperatur von 9,00° R. Für die isochronischen Monate war die mittlere Temperatur in Tiflis 9,62° R. gefunden worden! Der geringe Temperaturunterschied von 0,62° zwischen Orten, welche wie Erivan und Tiflis um 1600 Fufs in verticaler Richtung von einander abstehen, schien mir unmöglich und die durch locale Umstände unvermeidlich gewesene Placirung der Instrumente,

1) Meine Messungen geben die mittlere Erhebung im Meridian des grofsen Ararat zu 2400 par. Fufs.

zwar im vollkommenen Schatten, aber doch in der Fensteröffnung eines nach Mittag (SW) gerichteten Zimmers bestimmte mich, die Beobachtungsreihe von Erivan mit dem Fehler einer zu hohen Sommertemperatur behaftet zu halten und dieselben höchstens nur für spätere Vergleiche aufzubewahren. Die vollständigen Beobachtungslisten des Jahres 1849 aus Aralich und Alexandropol, so wie eine, leider unvollständig gebliebene Reihe desselben Jahres aus Erivan gestalten nun die Ansichten über die Brauchbarkeit jener Beobachtungen $18\frac{44}{45}$ entschieden günstiger; der merkwürdige klimatische Charakter der Plateaulandschaften, die dem Ararat im Norden und Nordosten vorliegen, kann jetzt zum ersten Male aus dem Gebiete der unsicheren Schätzung in das der vergleichenden sicheren numerischen Werthe geführt werden.

Wenn es überraschend war, nahe dem Parallel von Smyrna und Palermo, an den Ufern des kaspischen Meeres, die Isotherme von Barcelona und die Isochimene von Trier und Maestricht anzutreffen, so wird man kaum mit geringerem Befremden in der Temperaturvertheilung von Alexandropol, St. Lawrence in Nord-Amerika repräsentirt sehen. Aber noch bedeutsamer und folgenreicher scheint es mir, am Fufse des Ararats die Isotherme von Messina, Seringapatnam und Baku sich vereinigen zu sehen, und ebendaselbst die Isochimene vom St. Bernhard anzutreffen, *wo* die einst blühenden uralten Weingärten des unglücklichen Arguri[1]) nur den Folgen des furchtbaren Naturereignisses von 1840, nicht aber winterlichen Extremen zu erliegen vermochten, von deren Umfang die Beobachtungen aus dem excessiven Jahre $18\frac{44}{45}$ in Erivan eine annähernde Schätzung zu geben vermögen. Die nirgends unter 10° R., wohl aber über 11° gefundenen Temperaturen der vielen Quellen constanter Temperatur auf der Araxes-Ebene, die Intensität und Rapidität der vegetiven Entwicklung im ersten Frühlingsmonat ebendaselbst, der rasche Fortgang jener Entwicklung und die daran geknüpfte Möglichkeit einer doppelten Fructi-

1) Das verschüttete Arguri hat eine absolute Erhebung von 5146, die Weingärten 4013 par. Fufs.

ficationsperiode für die Cerealien auf den grofsen Culturdeltas der Zuflüsse des Araxes, das geringe Maafs der absoluten Feuchtigkeit der Atmosphäre und die Geringfügigkeit der Niederschläge, deren Mangel durch die Nähe des grofsen Seebeckens des Goktschai nicht wenig ausgeglichen wird: alle diese und noch andere für die Oeconomie der armenischen Naturereignisse so überhaupt wichtigen Momente werden nun als Folge der intensiven Insolation völlig verständlich, welche jene Hochebene erhält, deren Absorptions- und Emissionsvermögen nicht wenig von ihrer eigenthümlichen geognostischen Beschaffenheit abzuhängen scheint.

Die aufserordentliche Winterkälte von Alexandropol ist ein Phänomen, dessen alljährliche, dem Anschein nach durchaus constante Wiederkehr auf Ursachen zurückgeführt werden zu müssen scheint, die unabhängig von den etwaigen Migrationen sogenannter Kältepole in unmittelbarer Nähe wirken. *Ich* kann diese Ursachen nur vermuthen in der eigenthümlichen geographischen Stellung von Alexandropol, in dem Mittelpunkte einer Hochebene von 4500 Fufs absoluter Erhebung, welche von den mächtigsten vulkanischen Systemen umringt ist, in denen *der* Theil des alt-armenischen Hochlandes das Maximum seiner Dimensionen gewinnt, auf dem die Quellengebiete des Kur und des Arkurean oder Arpatschai liegen. Die gegen NW von Alexandropol sanft ansteigende Hochfläche von Schuragel endet auf den Höhen des Ringswalles, welcher das 116 Quadratwerst einnehmende Wasserbecken des Tchyldir einschliefst, dessen absolutes Niveau dasjenige des Goktschai übertrifft; in SO schwillt auf einer Basis von 170 Werst Umfang die flache Wölbung des Alagez an; in SW entwickelt die noch flächere Wölbung des Alidja-Sytems mit einer Basis von 200 Werst im Umfang seine systematisch vertheilten Kegelgruppen, eine Wölbung an deren Peripherie die altarmenischen Königsitze Kars 5200 und Ani 4380 (Fufs absol. Erheb.) liegen; in NO endlich beginnt die majestätische Reihe von langgedehnten domartigen Wölbungen des Alagez, Agrikar und Tschischtäppa, die in den Abulkegeln, ein weites Gebiet von Kraterseen begreifend, an den latitudinalen Zü-

gen der trialethischen Ketten absetzt und ihre gewaltigen Doleritströme über pyroxenführende Labrador- und Mandelsteine und deren sedimentären Trümmerbildungen in die Tiefe des Thalspaltes von Bardjom hinabsendet. Die mit preiswürdiger Genauigkeit seit December 1848 [1]) ausgeführten meteorologischen Beobachtungen in Alexandropol, deren Resultate die relative Brauchbarkeit mehrjähriger früher daselbst gemachter Beobachtungen beweisen, messen nun meiner Ansicht gemäfs ganz vorzüglich den in Bezug auf seine Anfangs- und Endperioden alljährlich oscillirenden Einflufs der absoluten Schneebedeckung jenes aufserordentlichen Hochgebiets auf das Klima von Alexandropol.

Die Station von Schuscha, in reichbewaldeter Umgebung auf stark gegen NO geneigtem und königsteinartig isolirt, in die Atmosphäre aufragendem Kalkspathplateau, 3600 par. Fufs über dem Meere gelegen, bestimmt dagegen im schroffen Gegensatze mit Alexandropol den Effect der Wärmequelle, die von der Oberfläche des Kaspi-Sees nach näher zu erforschenden Gesetzen in den oberen Regionen der Atmosphäre in der winterlichen Jahreszeit auf die karabagischen Parallelketten im Süden des Kaukasus ausgeht und einen so augenscheinlichen Mitantheil an dem Reichthum der Naturereignisse jener schönen Gegenden nimmt.

Die solchergestalt von den maritimen Gebieten des transkaukasischen Isthmus in terassenförmigen Abstufungen bis zu den armenischen Plateauhöhen hinanführenden Beobachtungsstationen scheinen wohl geeignet, zu der baldigen Lösung solcher Fragen zu führen, die nicht allein „Erweiterung der Wissenschaft", das höchste Ziel jeder ächten Forschung, sondern auch mancherlei Aufklärung verheifsen, die einer wohlthätigen Nutzanwendung für die Interessen der Bewohner dieser Länder fähig erscheinen.

1) Unter umsichtiger Leitung des trefflichen Ingenieur-Obersten Gernet, die in Aralich unter der des ritterlichen Obersten Chreschatynsky. (Die subalternen gut unterwiesenen Beobachter bekommen, wie überall, eine fixe Gage dafür.)

Einige Resultate der auf den meteorologischen Stationen in Grusien in den Jahren 1848 und 1849 angestellten Beobachtungen.

Tiflis — 41° 42 N. Br. — 1300 par. F. Meereshöhe.

	1848. Lufttemperatur R°.	1848. Feuchtigkeit absolute e''.	1848. Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	1848. Regen- u. Schneewasser. engl. Lin.	1848. Winde auf 1000.	1849. Lufttemperatur R°.	1849. Feuchtigkeit absolute e''.	1849. Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	1849. Regen- u. Schneewasser. engl. Lin	1849. Winde auf 1000.
Januar	− 0,93	1,34	0,80	0,800	NW 412	+ 1,21	1,47	0,71	0	W 409
Februar	+ 0,78	1,43	0,78	0,000	NW 407	+ 2,50	1,61	0,74	0	W 399
März	+ 6,41	2,09	0,68	3,523	NW 406	+ 4,71	1,75	0,65	2,242	N 385
April	+10,01	2,52	0,59	0,567	NW 304	+10,38	2,55	0,60	0,379	SO 344
Mai	+14,19	3,77	0,66	3,646	NW 302	+14,31	3,38	0,58	1,048	N 283
Juni	+17,48	4,63	0,60	2,692	NW 460	+16,91	4,21	0,59	2,644	N 363
Juli	+20,88	4,85	0,52	0,925	NW 448	+19,07	5,35	0,64	4,863	N 281
August	+19,97	4,46	0,51	0,588	NW 286	+19,15	5,29	0,65	1,210	N 217
September	+15,28	3,76	0,60	1,200	NW 352	+16,13	3,84	0,65	2,286	N 349
October	+11,45	3,23	0,68	0,075	NW 464	+11,90	3,40	0,70	0,639	S 237
November	+ 8,19	2,80	0,79	0,200	NW 353	+ 6,25	2,15	0,69	0,680	S 257
December	− 0,05	1,44	0,80	0,000	NW 533	+ 3,72	1,96	0,79	1,751	N 219
Winter	− 0,06	1,40	0,79	8,000		+ 2,47	1,89	0,74		
Frühling	+10,24	2,79	0,64	7,736		+ 9,76	2,56	0,61	3,669	
Sommer	+19,41	4,64	0,58	4,205		+18,37	4,95	0,62	8,717	
Herbst	+11,60	3,26	0,69	1,475		+11,42	3,13	0,68	3,605	
Jahr	+10,23	3,02	0,67	14,216		+10,52	3,13	0,66	15,991	

Redutkaleh — 42° 16′ N. Br. — 19 par. F. Meereshöhe.

	1848. Lufttemperatur. R°.	1848. Feuchtigkeit absolute e''.	1848. Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	1848. Regen- u. Schneewasser. engl. Lin.	1848. Winde auf 1000.	1849. Lufttemperatur R°.	1849. Feuchtigkeit absolute e''.	1849. Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	1849. Regen u. Schneewasser. engl. Lin.	1849. Winde auf 1000.
Januar	+ 3,89	1,16	0,71	0	SO 452	+ 3,95	1,91	0,76	3,312	
Februar	+ 5,23	1,81	0,63	0	SO 421	+ 4,17	1,97	0,78	5,750	NO 290
März	+ 6,90	2,52	0,77	0	SW 278	+ 5,53	2,33	0,78	5,365	SO 406
April	+10,38	3,13	0,73	0	NW 392	+10,89	3,34	0,73	0,548	NO 377
Mai	+12,37	4,31	0,85	3,446	NW 576	+13,47	4,38	0,77	2,840	SW 285
Juni	+17,15	5,85	0,80	6,627	NW 391	+15,85	5,41	0,81	5,313	SW 496
Juli	+18,96	6,49	0,80	1,148	NW 413	+18,03	6,48	0,83	13,426	SW 548
August	+19,14	6,84	0,83	7,813	SW 368	+18,80	6,56	0,79	2,775	SW 433
September	+15,50	4,93	0,77	3,072	SO 418	+14,66	4,84	0,79	11,137	SO 232
October	+12,91	4,06	0,79	0,755	O 390	+13,63	4,08	0,72	1,705	NO 347
November	+10,22	3,33	0,80	4,260	SO 730	+10,17	2,52	0,58	1,213	NO 521
December	+ 2,93	1,32	0,50	8,496	SO 765	+ 7,78	2,48	0,70	3,197	O 405
Winter	+ 4,01	1,43	0,61	0		+ 5,30	2,12	0,73	12,259	
Frühling	+ 9,95	3,32	0,78	0		+ 9,91	3,35	0,76	8,773	
Sommer	+18,41	6,39	0,81	15,568		+17,56	6,15	0,81	21,514	
Herbst	+12,87	4,40	0,78	11,087		+12,82	3,81	0,69	14,055	
Jahr	+11,21	3,81	0,74			+11,4	3,85	0,74	56,601	

Kutais — 42° 13′ N. Br. — 446,5 par. Fuſs Meereshöhe.

	1848.					1849.				
	Lufttemperatur R°.	Feuchtigkeit absolute e''.	Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	Regen- u. Schneewasser. engl. Lin.	Winde auf 1000.	Lufttemperatur R°.	Feuchtigkeit absolute e''.	Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	Regen- u. Schneewasser. engl. Lin.	Winde auf 1000.
Januar	+ 3,06			6,580	NO 355	+ 3,11			6,580	NO 355
Februar	+ 4,83			4,817	O 456	+ 4,19			5,472	O 235
März	+ 7,44			4,965	SW 303	+ 5,44			5,433	O 267
April	+12,13			1,690	SW 296	+11,62	3,10	0,64	1,355	O 530
Mai	+13,85			4,310	SW 384	+14,46	4,50	0,73	3,785	O 280
Juni	+18,23			2,294	SW 382	+16,34	6,01	0,85	4,533	SW 111
Juli	+19,51			2,165	SW 335	+18,43	6,58	0,80	8,800	W 369
August	+19,42			5,705	SW 266	+19,56	7,42	0,82	4,399	O 415
September	+15,66			3,755	SW 305	+15,52	5,07	0,80	4,540	O 381
October	+12,41			7,020	NO 192	+13,33	4,03	0,71	2,300	O 482
November	+10,58			3,580	O 315	+ 9,80	3,08	0,73	3,255	O 582
December	+ 2,12			11,475	N 314	+ 7,17	2,97	0,87	2,221	O 441
Winter	+ 3,33			22,872		+ 4,82			14,273	
Frühling	+11,14			11,412		+10,50			28,305	
Sommer	+19,05			12,164		+18,11	6,67	0,82	17,731	
Herbst	+12,88			14,355		+12,88	4,06	0,74	10,095	
Jahr	+11,60			60,123		+11,58			70,405	

Lenkoran — 38° 44′ N. Br. — 17 par. F. Meereshöhe.

	1848.					1849.				
	Lufttemperatur R°.	Feuchtigkeit absolute e''.	Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	Regen- u. Schneewasser. engl. Lin.	Winde auf 1000.	Lufttemperatur R°.	Feuchtigkeit absolute e''.	Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	Regen- u. Schneewasser. engl. Lin.	Winde auf 1000.
Januar	+ 0,31	1,62	0,88	5,412	NW 594	+ 2,31	1,82	0,81	2,608	NO 299
Februar	+ 1,62	1,38	0,90	1,093	NW 243	+ 5,18	2,45	0,81	0,745	SO 333
März	+ 6,47	2,85	0,92	6,256	SO 438	+ 6,50	2,40	0,80	2,587	SO 428
April	+ 9,89	3,62	0,88	0,197	SO 535	+ 9,23	3,39	0,85	9,103	SO 400
Mai	+ 15,15	5,31	0,79	2,501	SO 597	+ 14,91	5,09	0,81	0,678	SO 578
Juni	+ 18,16	6,19	0,79	2,601	SO 372	+ 17,66	5,50	0,70	0,541	SO 512
Juli	+ 21,28	6,87	0,72	0,010	SO 504	+ 21,06	7,04	0,71	0,090	SO 439
August	+ 20,41	6,49	0,72	3,615	NO 318	+ 20,23	6,82	0,74	0,478	SO 282
September	+ 16,61	5,73	0,83	6,584	SO 353	+ 15,40	5,57	0,82	8,881	NO 308
October	+ 13,61	4,76	0,87	5,070	NO 335	+ 12,80	4,54	0,86	4,155	NO 252
November	+ 10,01	3,42	0,82	9,930	NO 403	+ 7,84	3,53	0,87	4,228	NO 294
December	+ 1,62	1,58	0,98	3,144	NW 396	+ 5,81	2,59	0,86	5,165	NW 413
Winter	+ 1,05	1,82	0,88	15,652		+ 4,43	2,38	0,82	8,518	
Frühling	+ 10,50	3,92	0,86	8,954		+ 10,24	3,62	0,82	12,368	
Sommer	+ 19,96	6,51	0,74	6,216		+ 19,65	6,45	0,71	1,109	
Herbst	+ 13,41	4,63	0,84	21,584		+ 12,01	4,54	0,85	17,264	
Jahr	+ 11,24	4,23	0,83	52,406		+ 11,58	4,24	0,80	39,259	

Baku 40° 21′ 20″ N. Br. — 31 par. F. Meereshöhe.

	1848.					1849.				
	Lufttemperatur R°.	Feuchtigkeit absolute e''	Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	Regen- u. Schneewasser. engl. Lin.	Winde auf 1000.	Lufttemperatur R°.	Feuchtigkeit absolute e''.	Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	Regen- u. Schneewasser. engl. Lin.	Winde auf 1000.
Januar	+ 0,44	1,73	0,94	0,315	NO 324	+ 2,81	1,96	0,84	0,095	SSW 474
Februar	+ 2,60	1,91	0,86	0,330	NW 302	+ 4,44	2,12	0,79	0,505	NNW 476
März	+ 5,50	2,54	0,89	0,360	NW 399	+ 4,95	2,13	0,78	0,240	SSO 454
April	+ 9,98	3,26	0,78	0,055	SO 521	+ 9,17	3,04	0,76	0,450	NNW 391
Mai	+14,42	4,36	0,70	0,225	NW 548	+13,92	4,66	0,77	0,200	NNW 397
Juni	+19,05	5,68	0,75	0,600	NW 482	+17,74	5,64	0,69	0,060	NNW 696
Juli	+20,91	7,98	0,83	0,025	NW 490	+21,52	7,28	0,76	0,185	NNW 565
August	+21,37	8,32	0,84	0,025	NW 609	+21,29	7,47	0,78	0,230	NNW 438
September	+17,68	6,10	0,82	0,035	SO 414	+17,13	5,32	0,72	1,935	NNW 545
October	+14,16	4,64	0,76	0,215	NW 484	+14,89	4,74	0,80	0,895	SSO 745
November	+10,39	3,18	0,80	0,200	NW 554	+ 9,03	3,21	0,81	1,685	SSO 352
December	+ 3,12	2,04	0,85	4,160	SW 444	+ 5,47	2,44	0,84	1,200	NNW 367
Winter	+ 1,87	1,85	0.88	6,805		+ 4,24	2,17	0,82	1,800	
Frühling	+ 9,96	3,38	0,74	0,640		+ 9,34	3,27	0,77	1,890	
Sommer	+20,44	7,32	0,80	0,650		+20,18	6,73	0,74	0,475	
Herbst	+14,01	4,64	0,79	3,450		+13,68	4,42	0,77	4,515	
Jahr	+11,57	4,30	0,82	11,545		+11,83	4,14	0,77	7,680	

	Lufttemperatur R°.	Feuchtigkeit absolute e''.	Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	Regen- u. Schneewasser. engl. Lin.	Winde auf 1000.	Lufttemperatur R°.	Feuchtigkeit absolute e''.	Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	Regen- u. Schneewasser. engl. Lin.	Winde auf 1000.
	Schemacha 40° 37′ N. Br. 2245 par. F. Meereshöhe. 1848.					Schuscha . . Br. 3628 par. F. Meereshöhe. 1849.				
Januar	— 2,61			1,53	W 346	+ 0,66			0	
Februar	— 2,65			0,30	NW 407	+ 0,92			0	W . 347
März	+ 5,32			2,16	SW 277	+ 1,90			0,880	O 427
April	+10,01			1,66	W 302	+ 5,59			0,795	O 564
Mai	+13,81			1,39	SW 433	+10,52			3,496	O 598
Juni	+16,69			1,58	SW 318	+13,80			4,515	NW 229
Juli	+19,64			0,93	NW 320	+14,95			3,740	NW 358
August	+18,83			0,69	NO 265	+15,10			1,120	NW 393
September	+14,53			0,53	NW 320	+10,50			3,580	NW 413
October	+10,41			0,91	SW 391	+ 7,88			0,035	NW 484
November	+ 6,18			2,22	NW 337	+ 3,19			0,275	NW 420
December	— 1,51			0,62	NW 474	+ 1,38			0,715	NW 233
Winter	— 2,25			2,45		+ 0,98				
Frühling	+ 9,71			5,65		+ 6,00			5,171	
Sommer	+18,38			3,20		+14,61			9,375	
Herbst	+10,37			3,66		+ 7,19			3,890	
Jahr	+ 9,05			14,96		+ 7,19				

	Lufttemperatur R°.	Feuchtigkeit absolute e''.	Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	Regen- u. Schneewasser engl. Lin.	Winde auf 1000.	Lufttemperatur R°.	Feuchtigkeit absolute e''.	Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	Regen- u. Schneewasser. engl. Lin.	Winde auf 1000.
	Alexandropol 40° 47′ N. Br. 4521 par. F. Meereshöhe. 1849.					Aralich 39° 42′ N. Br. 2438 par. F. Meereshöhe. 1849.				
Januar	— 7,69	0,85	0,86	0,915	0	— 2,04				NW 322
Februar	— 6,75	0,92	0,86	0,726	0	+ 0,19				NW 407
März	— 1,91	1,33	0,87	1,755	N 374	+ 4,69				NW 532
April	+ 6,24	2,07	0,67	1,945	NO 593	+10,90			0,345	SO 489
Mai	+10,13	2,85	0,66	2,375	SW 267	+14,51			0,143	W 212
Juni	+12,94	3,08	0,60	2,239	NO 455	+17,69			0,560	NW 330
Juli	+15,74	3,88	0,62	3,197	NO 502	+20,83			1,105	NW 588
August	+16,61	3,57	0,53	0,475	NO 500	+21,51			0,080	NW 404
September	+11,06	2,81	0,63	2,622	NO 348	+14,95			0,675	NW 248
October	+ 7,90	2,53	0,71	0,402	NO 255	+ 9,78			0,130	W 250
November	+ 1,05	1,36	0,84	0,350	N 236	+ 3,19			0,000	W 259
December	— 1,37	1,40	0,87	0,575	NW 214	+ 1,12			0,535	W 260
Winter	— 5,21	1,39	0,86	2,237		— 0,24				
Frühling	+ 4,82	2,08	0,73	5,762		+ 9,96				
Sommer	+15,09	3,51	0,58	5,822		+20,01			1,745	
Herbst	+ 6,76	2,23	0,72	3,334		+ 9,34			0,805	
Jahr	+ 5,33	2,22	0,72	17,576		+ 9,70				

1849. Derbent 42° 3′ 40″ N. Br.

	Lufttemperatur R°.	Feuchtigkeit absolute e''.	Feuchtigkeit relative $\frac{e''}{e}$	Niederschläge engl. Lin.	Winde auf 1000.	
Januar	+ 1,08	1,92	0,78	0,125	N	360
Februar	+ 2,58	1,94	0,83	0,445	N	449
März	+ 3,30	2,00	0,81	0,350	N	365
April	+ 7,73	2,84	0,80	-0,371	SO	480
Mai	+ 13,32	4,28	0,77	0,750	SO	340
Juni	+ 17,24	5,45	0,67	0,618	N	261
Juli	+ 21,03	6,66	0,68	0,995	SO	274
August	+ 20,53	6,73	0,73	0,852	SO	411
September	+ 15,56	5,12	0,78	3,604	SO	227
October	+ 13,12	4,33	0,84	5,440	SO	269
November	+ 6,79	2,91	0,82	0,680	S	219
December	+ 3,59	2,24	0,88	4,980	N	280
Winter	+ 2,41	2,03	0,83	5,550		
Frühling	+ 8,11	3,04	0,81	1,471		
Sommer	+ 19,60	6,28	0,69	2,465		
Herbst	+ 11,82	4,21	0,81	10,124		
Jahr	+ 10,23	3,89	0,78	19,610		

Minima, beobachtet an einigen Wintertagen in der Zone zwischen 38° und 43° N. Br.

Orte.	Nördliche Breite.	Mitteltemperatur.	Winter-Minima.
Florenz	43° 46′	+ 12,2	− 6,8
Pisa	43 43		− 5,0
Nizza	43 41	12,5	− 7,7
Toulon	43 7	12,1	− 8,0
Rom	41 54	12,3	− 4,7
Neapel	40 51	13,4	− 2,3
Lissabon	38 41	13,1	− 2,16
Tiflis	41 42	10,01	− 13,1
Redut		11,21	− 6,6
Lenkoran		11,24	− 9,1
Kutais		11,60	− 7,3
Baku		11,57	− 4,2
Derbent		10,23	− 11,8
Bokhara			− 18,6

IV. *Ueber die quantitative Bestimmung der Oxalsäure und über die Trennung derselben von der Phosphorsäure; von Heinrich Rose.*

Die Oxalsäure wird aus den Auflösungen ihrer löslichen Salze meistentheils als oxalsaure Kalkerde gefällt. Da in dieser jedoch der Wassergehalt bei verschiedenen Temperaturen verschieden ist, so pflegt man sie durchs Glühen in kohlensaure Kalkerde zu verwandeln, aus deren Gewicht man das der Oxalsäure bestimmen kann.

Unlösliche Verbindungen der Oxalsäure, wie z. B. die oxalsaure Kalkerde, können durch Kochen mit einer Auflösung von kohlensaurem Kali oder Natron zersetzt werden, worauf man aus der von der kohlensauren Kalkerde getrennten Flüssigkeit die Oxalsäure, nach Sättigung derselben mit einer Säure, wiederum als oxalsaure Kalkerde fällen kann.

Im Allgemeinen indessen läfst sich die Kalkerde genauer durch Oxalsäure, als umgekehrt die Oxalsäure durch die Auflösung eines Kalkerdesalzes niederschlagen und bestimmen.

Schon der Umstand, dafs man bei der Fällung der Oxalsäure vermittelst eines Kalkerdesalzes einen Ueberschufs derselben anwendet, und die Flüssigkeit gewöhnlich mit Ammoniak zu übersättigen pflegt, macht Vorsicht nothwendig, damit die gefällte oxalsaure Kalkerde nicht mit kohlensaurer Kalkerde verunreinigt werde.

Die oxalsaure Kalkerde hat aber ferner die Neigung, sich mit kleinen Mengen des fällenden Kalkerdesalzes zu verbinden. Schon vor längerer Zeit hat Fritsche ein Doppelsalz von oxalsaurer Kalkerde und von Chlorcalcium beschrieben. Es wird zwar durch Wasser zersetzt, aber eine sehr geringe Menge von Chlorcalcium bleibt nach dem vollständigen Auswachen noch in der oxalsauren Kalkerde, und löst man dieselbe in verdünnter Salpetersäure auf, so

wird die Auflösung durch salpetersaures Silberoxyd, wiewohl nur unbedeutend, getrübt.

Wenn man daher oxalsaure Kalkerde durch Kochen mit einer Auflösung von kohlensaurem Alkali zerlegt, die von der kohlensauren Kalkerde getrennte Flüssigkeit mit Chlorwasserstoffsäure übersättigt und nach Vertreibung der Kohlensäure, Ammoniak im Uebermaafs und Chlorcalcium hinzufügt, so erhält man zwar die richtige Menge der kohlensauren Kalkerde, die man erhalten sollte, aber einen kleinen Ueberschufs an oxalsaurer Kalkerde.

Ein weit besseres Resultat erhält man, wenn man die Auflösung, welche das oxalsaure und überschüssige kohlensaure Alkali enthält, durch Essigsäure schwach sauer macht, und nach Vertreibung der Kohlensäure, sie, ohne sie mit Ammoniak zu übersättigen, durch Chlorcalcium fällt.

Als Hr. Weber 1,237 Grm. oxalsaurer Kalkerde auf diese Weise behandelte, erhielt er 0,850 Grm. kohlensaure Kalkerde, und eine Quantität von oxalsaurer Kalkerde, die nach dem Glühen und nach Behandlung des Geglühten mit kohlensaurem Ammoniak 0,820 Grm. kohlensaurer Kalkerde gab. Diese beiden Mengen sind zwar nicht vollkommen gleich, aber die oxalsaure Kalkerde ist nicht ganz vollkommen unlöslich in Essigsäure und in der, freilich sehr geringen Menge von Chlorwasserstoffsäure des hinzugefügten Chlorcalciums. Als daher die von der oxalsauren Kalkerde getrennte Flüssigkeit vermittelst Ammoniak übersättigt wurde, entstand zwar sogleich keine Trübung, aber doch nach mehrstündigem Stehen eine sehr geringe, welche etwas oxalsaure, und sehr viel kohlensaure Kalkerde enthielt.

Von der zum Versuch angewandten oxalsauren Kalkerde gaben 1,386 Grm. nach dem Glühen und der Behandlung mit kohlensaurem Ammoniak 0,938 Grm. kohlensaure Kalkerde. Sie enthielt also 13,42 Proc. Wasser, was etwas mehr als einem Atom entspricht. Durch die Zersetzung der oxalsauren Kalkerde durch kohlensaures Alkali war

etwas mehr kohlensaure Kalkerde erhalten worden, als dieser letzten Bestimmung entspricht.

Sicherer kann man die Oxalsäure in ihren in Wasser löslichen und unlöslichen Verbindungen bestimmen, wenn man durch sie Gold aus einer Goldchloridauflösung reducirt. Zugleich kann sie auf diese Weise ihrer Menge nach sehr genau gefunden werden, wenn sie mit andern Säuren, namentlich mit Phosphorsäure in Verbindungen enthalten ist, von der man sie sonst schwer trennen kann. Beide Säuren kommen aber zusammen im Guano vor.

Die Reduction des Goldes aus seiner Chloridauflösung geht leicht und schnell von statten, wenn die Auflösung der oxalsauren Verbindungen keine oder nur wenig freie Chlorwasserstoffsäure enthält. Ist aber viel freie Chlorwasserstoffsäure vorhanden, so kann in concentrirten Auflösungen selbst durch langes und anhaltendes Kochen gar kein Gold aus der Auflösung reducirt werden; es gelingt diefs erst, wenn das Ganze mit einer grofsen Menge von Wasser verdünnt worden ist, aber auch dann geschieht die Reduction des Goldes vollständig erst nach langem Kochen. Weder Schwefelsäure noch Phosphorsäure äufsern eine ähnliche Wirkung wie Chlorwasserstoffsäure, denn auch bei Anwesenheit ziemlich bedeutender Mengen jener Säuren erfolgt eine Reduction des Goldes durch Oxalsäure auch in concentrirten Lösungen, besonders wenn das Ganze bis zum Kochen erhitzt wird.

Schon Berzelius hat sich der Goldauflösung bedient, um die Zusammensetzung der Oxalsäure zu controliren [1]), nachdem zuerst Pelletier auf die Zersetzung der Oxalsäure durch eine Goldauflösung aufmerksam gemacht hatte. Später hat man sich häufig der Oxalsäure bedient, um das Gold quantitativ in Auflösungen zu bestimmen, besonders wenn dieselben noch andere Metalle enthielten, gegen welche Oxalsäure keine reducirende Wirkung äufsert. Aber mit demselben Vortheil kann andrerseits die Goldauflösung angewandt werden, um die Oxalsäure bei Gegenwart von

1) Schweigger's Jahrbuch Bd. 3, S. 422.

vielen andern Säuren mit Genauigkeit ihrer Menge nach zu bestimmen.

Hr. Weber behandelte eine Auflösung von 1,830 Grm. neutralem oxalsaurem Kali und 2,170 krystallisirtem phosphorsaurem Natron ($\dot{N}a^2 + \dot{H} + \dddot{P}$) mit einer Natriumgoldchloridauflösung im Uebermaafs. Das angewandte neutrale oxalsaure Kali gab durchs Glühen 73,98 Proc. kohlensaures Kali; es enthielt also 11,06 Proc. Wasser, was mehr als einem Atom entspricht; das phosphorsaure Salz, das nicht die gewöhnliche Menge von Wasser enthielt, hinterliefs nach dem Glühen 49,40 Proc. pyrophosphorsaures Natron.

Die Reduction des Goldes fing schon nach wenigen Augenblicken an; das Reducirte wurde aber erst nach 24 Stunden filtrirt. Es betrug 1,320 Grm. Diese entsprechen 0,725 Grm. Oxalsäure; in dem angewandten Salze waren 0,706 Grm. Oxalsäure enthalten. Dieser Unterschied rührt unstreitig daher, dafs in dem oxalsauren Kali wohl etwas mehr Oxalsäure enthalten war, als aus der Menge des daraus erhaltenen kohlensauren Kalis geschlossen wurde.

In der vom reducirten Golde getrennten Flüssigkeit wurde das noch aufgelöste Gold durch Oxalsäure abgeschieden, und darauf die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Nach dem Glühen wurden 0,904 Grm. $\dot{M}g^2 \dddot{P}$ erhalten, die 0,573 Grm. Phosphorsäure entsprechen. Das angewandte phosphorsaure Salz enthielt aber 0,572 Grm. Phosphorsäure.

Bei einem andern Versuche wandte Hr. Weber 1,015 Grm. oxalsaure Kalkerde und 0,729 Grm. geglühte phosphorsaure Kalkerde ($\dot{C}a^2 \dddot{P}$) an, welche beide in Chlorwasserstoffsäure gelöst wurden. Die oxalsaure Kalkerde enthielt 0,494 Grm. Oxalsäure, was durchs Glühen einer andern Menge derselben ermittelt wurde.

Die Auflösung der Salze in Chlorwasserstoffsäure wurde mit einem Uebermaafs einer Natriumgoldauflösung lange Zeit gekocht, ohne die mindeste Reduction von Gold be-

wirken zu können. Nachdem das Ganze mit ungefähr dem 5fachen Volumen von Wasser verdünnt worden war, wurde das Kochen in einem Kolben fortgesetzt, und 0,897 Grm. reducirtes Gold erhalten. Diese entsprechen aber 0,492 Grm. Oxalsäure, also sehr nahe der berechneten Menge.

Aus der filtrirten Flüssigkeit wurde das Gold durch Schwefelwasserstoffgas entfernt, worauf sie concentrirt, und die Kalkerde durch Schwefelsäure und Alkohol gefällt wurde. Von der von der schwefelsauren Kalkerde getrennten Auflösung wurde durch Abdampfen der Alkohol entfernt, und die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Nach dem Glühen wurden 0,660 Grm. $\dot{M}g^2\dddot{P}$ erhalten, welche 0,418 Grm. Phosphorsäure entsprechen. In der angewandten phosphorsauren Kalkerde waren 0,408 Grm. Phosphorsäure. Die erhaltene phosphorsaure Magnesia enthielt eine geringe Menge Kalkerde.

V. *Die Oberflächen- und Körperfarben des Andersonits, einer Verbindung von Jod und Codeïn; von W. Haidinger.*

(Aus dem November-Hefte 1849 der Sitzungsberichte d. K. Acad. d. Wiss. zu Wien vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Die Krystalle, welche ich heute der freundlichen Aufmerksamkeit der hochverehrten mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe vorlege, gehören in die Abtheilung derjenigen, welche den einfallenden Lichtstrahl von ihrer Oberfläche mit farbiger Polarisation zurückwerfen, während der durch ihre Masse hindurchdringende Antheil einen von der Farbe des zurückgeworfenen Strahles verschiedenen, und zwar derselben complementaren Farbenton zeigt. Sie gehören einem einzelnen Beispiele aus einer Reihe von Kör-

pern an, die sämmtliche Vorkommen des Farbenspectrums in Durchsichtigkeits- und Zurückstrahlungs-, Körper- und Oberflächenfarben vorstellen, mit welchen ich mich seit einiger Zeit beschäftigte, und die ich sehr bald der hochverehrten Classe im Zusammenhange vorzulegen hoffe. Diese Krystalle schienen mir jedoch schon vorher die Vorlage zu verdienen, da sie selbst Ergebnisse von ganz neuen, selbst noch nicht abgeschlossenen, chemischen Arbeiten sind, die mir von dem Unternehmer derselben, Hrn. Dr. Anderson in Edinburg, durch die freundliche Vermittelung unseres verehrten Collegen Hrn. Professors Schrötter unmittelbar übersandt wurden.

Die Krystalle sind tafelartig, scheinbar gleichwinklig-dreieckige Blättchen, und man wird daher versucht, eine rhomboëdrische Symmetrie in der Austheilung der schmalen, an den Rändern vertheilten Begränzungsflächen zu suchen. Bei genauer Betrachtung stellt sich jedoch die Form, ähnlich der abgebildeten, Taf. IV. Fig. 17, als dem anorthischen Krystallsysteme angehörig heraus. Nimmt man die breite Fläche *o* als Endfläche oder Basis der Krystallreihe an, so lassen sich *m* und *m'* als die linke und rechte Fläche eines rhomboïdischen Prismas, der Gränze der Reihe der Anorthoïde, oder als $l \infty A \backslash 2$ und $r \infty A \backslash 2$ betrachten. Von $l \infty A \backslash 2$ erscheint blofs die diefsseitige +, das jenseitige — fehlt gänzlich. Die Flächen *d* und *d'* lassen sich als Längshemidome betrachten, und zwar als $+ rH \backslash 2$ und $lH \backslash 2$; die Gegenflächen $+ lH \backslash 2$, und $- rH \backslash 2$ fehlen ebenfalls in der polarisch unsymmetrischen Entwicklung. An der Stelle der scharfen Kante zunächst dem Winkel *g* sind die Krystallblättchen häufig an einander gewachsen, so dafs dieselbe oft fehlt; die Blättchen divergiren dann fächerförmig. Die Gröfse derjenigen, welche ich vor mir hatte, beträgt etwa drei Linien an der längsten Kante, die Dicke etwa ein Sechstel von einer Linie.

Ich verdanke dem k. k. Bergpractikanten, Hrn. Franz Foetterle, die durch das Reflexions-Goniometer untersuchten Winkelmaafse.

Neigung von	*o*	gegen	*m*	= 131° 5′
» »	*o*	»	*m′*	= 116° 15′
» »	*d*	»	*d*	= 77° 42′
» »	*o*	»	*d*	= 141° 9′
» »	*o′*	»	*d′*	= 141° 9′
» »	*m*	»	*m′*	= 147° 0′
» »	*d*	»	*m′*	= 128° 0′

woraus er noch folgende ebene Winkel berechnete:

$a = 143°\ 58'$	$f = 85°\ 58'$
$b = 125°\ 57'$	$g = 36°\ 2'$
$c = 74°\ 39'$	$h = 105°\ 26'$
$d = 118°\ 51'$	$i = 125°\ 57'$
$e = 135°\ 35'$	$k = 61°\ 9'$.

Die Combinationskante *od* schliefst mit der rechts von derselben liegenden Combinationskante *om′* den Winkel *k* von 61° 9′, mit der links von derselben liegenden Combinationskante *om* einen Winkel von 82° 49′ ein; die Basis *o* hat also eine rhomboïdische Gestalt, wenn eine Linie, die jenen Combinationskanten parallel ist, die beiden stumpfen Winkel verbindet.

Die stumpfen Winkel des Rhomboïdes sind = 143° 58′, die scharfen also = 36° 2′; die Diagonalen schneiden sich unter 104° 24′ und 75° 36′, sie theilen die stumpfen Winkel in zwei von 83° 10′ und 61° 3′ wie oben, und die scharfen in zwei Winkel von 21° 35′ und 14° 27′.

Die Neigung der zwei Flächen *d* und *d′* gegen die anliegenden obern und untern Basenflächen erscheinen ganz gleich.

Sämmtliche Messungen gelangen ziemlich gut, da die Flächen, wenn auch schmal, doch glatt und glänzend sind, mit Ausnahme der mit *m* bezeichneten ($+ l \infty A \backslash 2$), die nur gekrümmt vorkommen.

Die dreiseitigen Krystallblättchen haben eine braune Farbe, ganz dünn sind sie vollkommen durchsichtig. Sie besitzen einen schönen Diamantglanz. Die braune Farbe verändert sich in ein schönes dunkles Orange, wenn man die Krystalle zu feinem Pulver zerreibt. Um sie auf den

Pleochroïsmus durch die dichroskopische Lupe zu untersuchen, klebt man sie am vortheilhaftesten mit der scharfen Kante bei *g* auf Wachs, und hält sie so vor das Auge, dafs die Kante *dd'* horizontal wird. Man beobachtet sodann Fig. 17. Taf. IV. das ordinäre Bild *O* oben, das extraordinäre Bild *E* unten. Bei senkrechtem Einfall des Lichtes erscheint das erstere *O* weit heller, als das letztere *E*, und zwar wechselt jenes je nach der Dicke der Blättchen, von einem blassen Gelblichbraun, durch tiefes Honiggelb bis in Blutroth, während jenes gleichzeitig mit Blutroth beginnt und bald undurchsichtig wird, also ein schwarzes Bild giebt. Bringt man den Krystall, die Kante *dd'* immer noch horizontal, durch eine Drehung nach rechts oder links aus der ursprünglichen Lage heraus, so steigt oder fällt der Grad der Durchsichtigkeit, und zwar ist der Krystall in dem oberen Bilde *O* am durchsichtigsten, wenn man in der Richtung *AA* Fig. 18. Taf. IV., also ziemlich senkrecht auf die Kante zwischen *m* und *m'*, oder senkrecht auf die Axe dieses Prismas hinsieht. Er ist am wenigsten durchsichtig in der Richtung dieser Linie *BB*. Von den Elasticitätsaxen für die doppelte Strahlenbrechung liegt daher nur eine in der Ebene der dreiseitigen Tafeln, und zwar senkrecht oder nahe so auf die Kante *dd'*; die andern beiden senkrecht auf einander schliefsen in der Projection Fig. 18, Taf. IV. Winkel mit dem Durchschnitt der Base ein, und zwar so, dafs der Winkel *CMA* ungefähr 30°, der *CMB* 60° beträgt.

Der in der Richtung *AA* und senkrecht auf *BB* polarisirte Farbenton ist der hellste, der in der Richtung von *BB* senkrecht auf *AA* polarisirte der mittlere, endlich derjenige, welcher senkrecht auf den Durchschnitt der zwei Ebenen *AA* und *BB* polarisirt ist, der dunkelste. Alle aber haben den nämlichen Grundton von Dunkel-Orange, und unterscheiden sich nur durch die Intensität.

Der Diamantglanz der Oberfläche zerlegt sich bei der Untersuchung der Reflexion vermittelst der dichroskopischen Lupe dergestalt, dafs ein Theil des zurückgeworfenen Lich-

tes schön lasurblau in der Richtung der Kante *dd'*, oder wie das *E* in der Fig. 17. Taf. IV. fest polarisirt wird. In der Stellung Fig. 19. Taf. IV. geht alles ordinär polarisirte Licht in das obere Bild, alles extraordinär polarisirte Bild in das untere Bild, und der Gegensatz ist dann möglichst vollständig. In der senkrecht auf dieser stehenden Stellung geht die fest polarisirte blaue Farbe nebst dem weifsen Oberflächenlichte ganz in das obere Bild. Es erscheint übrigens nicht unter allen Einfallswinkeln in der Stellung Fig. 19. Taf. IV. ein gleicher blauer Ton. Sind die Winkel gröfser, so geht er in violett über; und bei sehr grofsen Einfallswinkeln erscheint sogar ein unvollkommenes Speisgelb im untern Bilde als Gegensatz zu dem hellen Weifs des obern.

Die hier beschriebenen Krystalle bilden eine neue Bestätigung des in dem II. Hefte der Sitzungsberichte der k. Academie der Wissenschaften nachgewiesenen Gesetzes, dafs *der orientirte Flächenschiller, oder die fest polarisirte Oberflächenfarbe in der Polarisationsrichtung mit der Polarisationsrichtung des mehr absorbirten Strahles doppeltbrechender Krystalle übereinstimmt* [1]).

Nach Hrn. Dr. Anderson ist der chemische Bestand der Krystalle eine noch nicht vollständig ausgemittelte Verbindung von Jod und Codeïn (*Jodine compound of Codeïne*; *constitution non yet fully determined*), das Codeïn — von Robiquet 1832 in Opium entdeckt — selbst ein sehr zusammengesetzter Körper $C_{35} H_{40} N_2 O_5 + 2$ Aq. In Ermangelung einer systematischen Benennung schlage ich vor, die in optischer Beziehung so höchst interessanten Krystalle durch den Namen *Andersonit* zu bezeichnen. Wäre der Gegenstand ein in der Natur vorkommendes Mineral, so wäre diefs nur ein Vorgang, zu dem man hunderte von Beispielen hat. Hier scheint das Verfahren eine Neuerung zu seyn, und zwar auf einem Felde, das dem Mineralogen nach der bisherigen Gepflogenheit ganz entrückt ist. Aber in der Kenntnifs der unorganischen Individuen müssen wir

1) Ann. Bd. 76. S. 99. P.

es wohl gestehen, haben wir überhaupt noch so vieles zu leisten vor uns, dafs auch hier das Bedürfnifs selbstständiger specifischer Namen sich immer mehr als unabweislich herausstellt. Bei der Welt von neuen Körpern wären gewifs umfassende Arbeiten in dieser Beziehung eben so undankbar für den, der sie unternehmen würde, als mühselig und im Erfolge wahrscheinlich verunglückt, denn es läfst sich nur erst vorhersehen, dafs es in späterer Zeit gar nicht mehr zurückgewiesen werden kann. Einstweilen sorgt man billig für das Einzelne. Längst habe ich gewünscht, eben so lange als ich die Studien der Eigenschaften dieser Körper vornahm, an die wundervollen Erscheinungen der Krystalle mit den metallischen Oberflächenfarben, durch specifische Namen die Erinnerung an die Gegenwart zu knüpfen, das gelbe Barium-Platin-Cyanür *Redtenbacherit* zu nennen, das karminrothe Magnesium-Platin-Cyanür mit grüner Oberfläche *Quadratit*, zugleich an die pyramidalen Formen erinnernd, während das prismatische Magnesium-Platin-Cyanür von morgenrother Farbe mit blauer Oberfläche *Aurorit* genannt würde. Knop's Kalium-Platin-Cyanür-Cyanid sollte *Knopit* heifsen, Schunck's chrysamminsaures Kali *Schunckit*, Gregory's oxalsaures Chromoxydkali *Gregorin*. (Der Name Gregorit für das cornische Titaneisen ist zwar längst nicht mehr im Gebrauche, dürfte aber doch nicht als ganz frei zu betrachten seyn) und hier würde *Andersonit* die in chemischer Beziehung noch nicht vollständig erkannte Verbindung von Jod und Codeïn bezeichnen. Wohl haben diese Männer in der Wissenschaft viel mehr geleistet, als nur in den einzelnen Fällen, die ich mit ihren Namen zu bezeichnen wünschte, Namen, welche die Wissenschaft bewahren wird, so lange sie besteht, aber es gilt ein Princip für die Befriedigung eines Bedürfnisses zu befolgen, das je länger, je fühlbarer werden wird.

VI. *Ueber die Auflösung flüssiger Cylinder in Tropfen; von G. Hagen.*

(Aus d. Monatsbericht d. Acad. November 1849.)

In einer neueren Untersuchung über das Verhalten flüssiger Massen, welche der Einwirkuug der Schwere entzogen sind (im 23. Bande der Schriften der Brüsseler Academie), hat Hr. Plateau die Ursache der Auflösung eines Strahles in Tropfen nachgewiesen. Verschiedene, in eigenthümlicher Art angestellte Beobachtungen zeigten nämlich, dafs flüssige Cylinder, die mehr oder weniger der Einwirkung ihrer Umgebung entzogen waren, nur in dem Falle dauernd ihre Form behielten, wenn die Länge des Cylinders ein bestimmtes Verhältnifs zum Durchmesser nicht überstieg. Die nähere Untersuchung der Kräfte, welche die Formveränderung veranlassen, führte mich zu einem Resultate, welches sich an diejenigen Beobachtungen des Hrn. Plateau befriedigend anschliefst, die vorzugsweise entscheidend sind.

Die Kraft, welche abgesehen von den zufälligen äufsern Einwirkungen die Form der freien Flüssigkeit bestimmt, ist der Druck, den die gespannte Oberfläche in normaler Richtung ausübt. Sobald in einem Cylinder an einer Stelle eine Anschwellung und daneben eine Zusammenziehung eintritt, so werden beide zunehmen, und der Cylinder wird sich in einzelne Theile, oder Tropfen auflösen, wenn der Druck auf die verengte Stelle gröfser ist, als auf die angeschwollene. Im umgekehrten Falle wird sich dagegen die gleichmäfsige cylindrische Form von selbst wieder herstellen. Dabei ist es gleichgültig, ob solche Anschwellungen und Verengungen sich mehrfach wiederholen, wie dieses bei einem Strahle geschieht, oder ob sie nur einmal vorkommen. Die Anschwellung an einer Stelle erfolgt allein dadurch, dafs die Theilchen im Innern des Cylinders von einer, oder von beiden Seiten her, sich im Knoten-Punkte ansammeln, und man darf sonach die Untersuchung auf ei-

nen Theil des Cylinders beschränken, der von einem gröfsten und einem nächst liegenden kleinsten Querschnitt begränzt wird.

Die erste Formveränderung des Cylinders ist von äufsern Einwirkungen abhängig, daher ganz zufällig. Indem jedoch gewaltsame Störungen hier nicht berücksichtigt werden, so ist anzunehmen, dafs die Spannung der Oberfläche das Entstehen von besonders scharfen Krümmungen und vollends von wirklichen Kanten nicht gestattet, und sonach die Linie, welche durch Drehung um die Axe des Cylinders dessen veränderte Form darstellt, eine sanft gekrümmte Linie ist, die theils aufserhalb, theils innerhalb des Cylinders liegt, und bei ihrer Drehung einen Raum umschliefst, der dem Inhalte des Cylinders gleich ist. Die an beide End- oder Scheitelpunkte dieser Linien gezogenen Tangenten werden auch zur Axe des Cylinders parallel seyn. Insofern hier aber nur die erste, noch sehr kleine Formveränderung betrachtet wird, wobei die Wellenlinie vergleichungsweise zum Radius des Cylinders sich sehr wenig von der ursprünglichen Oberfläche entfernt, so müssen auf einer durch die Axe des Cylinders gelegten Ebene die beiden Flächen, die von der Wellenlinie, von der Seite des ursprünglichen Cylinders und von den Radien des gröfsten und kleinsten Querschnittes eingeschlossen sind, einander gleich seyn. Indem ferner kein Grund vorhanden ist, anzunehmen, dafs die entstandene kleine Anschwellung höher oder in ihrer Länge ausgedehnter seyn sollte, als die daneben befindliche Vertiefung, oder umgekehrt, so darf man voraussetzen, dafs der Theil der Wellenlinie, der aufserhalb des Cylinders liegt, congruent ist mit dem innerhalb liegenden Theile. Jeder derselben bildet aber eine sehr wenig gekrümmte Linie, und ist sonach als ein sehr kleiner Bogen anzusehen, dessen Krümmungs-Halbmesser dem Radius des Kreises gleich ist, der seinen Scheitel und seine beiden Endpunkte trifft.

Hiernach läfst sich der Normaldruck bestimmen, den die gespannte Oberfläche am Umfange eines gröfsten und

eines

eines kleinsten Querschnittes ausübt. Der allgemeine Ausdruck dafür ist bekanntlich

$$m\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\varrho'}\right)$$

m bedeutet die Spannung, ausgedrückt durch das Gewicht der Raumeinheit der Flüssigkeit,

ϱ den Krümmungshalbmesser der erwähnten Wellenlinie,

ϱ' den Abstand eines Scheitelpunktes derselben von der Axe des Cylinders.

Der untersuchte gröfste Querschnitt liege in *A*, der kleinste in *B*.

l sey der Abstand dieser beiden Querschnitte,

r der Radius des ursprünglichen Cylinders und

x die Höhe der sehr kleinen Anschwellung oder Vertiefung.

Alsdann ist

1) für die Stelle *A*

$$\frac{1}{\varrho}=\frac{8x}{l^2+4x^2}$$

$$\frac{1}{\varrho'}=\frac{1}{r+x}$$

folglich der Normaldruck, wenn beide vorstehende Werthe in Reihen aufgelöst worden

$$m\left[\frac{1}{r}+\left(\frac{8}{l^2}-\frac{1}{r^2}\right)x+\frac{x^2}{r^3}-\left(\frac{32}{l^4}+\frac{1}{r^4}\right)x^3+\frac{x^4}{r^5}+\ldots\right]$$

2) für die Stelle *B*

$$\frac{1}{\varrho}=-\frac{8x}{l^2+4x^2}$$

$$\frac{1}{\varrho'}=\frac{1}{r-x}$$

daher der Normaldruck

$$m\left[\frac{1}{r}-\left(\frac{8}{l^2}-\frac{1}{r^2}\right)x+\frac{x^2}{r^3}+\left(\frac{32}{l^4}+\frac{1}{r^4}\right)x^3+\frac{x^4}{r^5}-\ldots\right].$$

Der Ueberschufs des Druckes auf die angeschwollene Stelle *A* über den Druck auf die verengte Stelle *B* ist sonach

$$2m\left[\left(\frac{8}{l^2}-\frac{1}{r^2}\right)x-\left(\frac{33}{l^4}+\frac{1}{r^4}\right)x^3+\left(\frac{128}{l^6}-\frac{1}{r^6}\right)x^5\ldots\right].$$

Man bemerkt sogleich aus der Zusammensetzung dieser Reihe, dafs alle Glieder, welche die geraden Potenzen von x enthalten, verschwinden, die übrigen aber abwechselnd entweder aus positiven und negativen, oder nur aus negativen Gröfsen zusammengesetzt sind. Die ersteren, nämlich die Glieder in den ungeraden Stellen, sind nur in dem Falle positiv, wenn l ein gewisses Vielfaches von r nicht überschreitet. Das erste dieser Glieder ist positiv

wenn $l < 2^{\frac{3}{2}} r$

das zweite, wenn $l < 2^{\frac{7}{6}} r$

das dritte, wenn $l < 2^{\frac{11}{10}} r$

und so fort. Die äufserste Gränze, welche den positiven Werth eines Gliedes an ungerader Stelle bedingt, ist sonach

$$l < 2 r.$$

Die zwischen liegenden Glieder sind aber viel gröfser, daher ist die Summe der ganzen Reihe im Allgemeinen negativ, und ein positiver Werth derselben, der die Wiederherstellung der cylindrischen Form bedingen würde, kann nur stattfinden, wenn x so klein ist, dafs alle höheren Potenzen dieser Gröfse vernachläfsigt werden dürfen, und zugleich

$$l < 2^{\frac{3}{2}} r$$

oder $l < 2{,}8284 r$

ist. Dieser Zahlen-Coëfficient bezeichnet zugleich das Gränzverhältnifs zwischen der ganzen Entfernung zweier Knoten und dem Durchmesser des Cylinders, wobei das stabile Gleichgewicht aufhört.

Die zwischen Gläswände eingeschlossenen Quecksilber-Fäden, deren Auflösung in Tropfen Hr. Plateau beobachtete, indem er die Wände behutsam entfernte, ergaben weit gröfsere Abtheilungen. Die Länge derselben mafs das Sechsfache und zum Theil sogar das Zehnfache der Dicke der Fäden. Dieses Resultat darf nicht befremden, da während der Beseitigung der Wände leicht einzelne Theile der Fäden so weit herausgezogen, oder hineingeschoben werden mochten, dafs dadurch die Trennung in viel gröfsere Abtheilungen verursacht wurde.

Entscheidender sind diejenigen Beobachtungen, wobei Oel-Cylinder in einer Auflösung von Alkohol und Wasser von gleichem specifischen Gewichte, zwischen zwei kreisförmigen Scheiben oder Ringen schwebend dargestellt wurden. Dieselben zeigten sich noch stabil, wenn ihre Länge 3 bis 3,6 mal gröfser war, als ihr Durchmesser.

Auch dieses Resultat scheint dem aus der Rechnung hergeleiteten zu widersprechen; man überzeugt sich aber leicht, dafs die festen Scheiben oder Ringe die Stabilität des Cylinders etwas vergröfsern mufsten. Unmittelbar an denselben konnte sich nämlich weder ein gröfster noch ein kleinster Querschnitt bilden, vielmehr mufste bei eintretender Formveränderung jene Wellenlinie an beiden Enden die ursprüngliche cylindrische Fläche schneiden. Zur weiteren Ausbildung der Anschwellung und Verengung konnte daher die Flüssigkeit nicht in derselben Art zugezogen oder zurückgedrängt werden, wie in dem gleichen Theile eines unbegränzten Cylinders geschieht. Der zwischen dem kleinsten Querschnitte und der nächsten Endfläche liegende Theil des Cylinders konnte sich nur dadurch noch stärker verengen, dafs eine Strömung nach dem kleinsten Querschnitte eintrat. Die Flüssigkeit mufste sich also nach der Stelle hin bewegen, wo der stärkste Druck stattfand. In gleicher Art konnte die Anschwellung am andern Ende nur dadurch zunehmen, dafs die Strömung über den gröfsten Querschnitt hinaus, also über die Stelle, wo der Druck am kleinsten war, sich fortsetzte. Auf diese Art verhinderte der Druck der Oberfläche zum Theil die Bildung der Knoten, und die Trennung in Tropfen erfolgte nicht so leicht, als wenn der Cylinder bei gleicher Länge ganz frei gewesen wäre.

Obwohl hierdurch die Abweichung der Resultate der Beobachtung hinreichend aufgeklärt seyn dürfte; so drängt sich hierbei doch die wichtige Frage auf, ob die Spannung einer Oberfläche, die zwei Flüssigkeiten von einander trennt, der Summe der Spannungen beider freien Oberflächen gleich sey, oder ob die Flüssigkeiten, indem sie sich unmittelbar

berühren, schon durch Molecular-Attraction auf einander einwirken.

Die interessante Beobachtung Plateau's über die kugelförmigen Endflächen eines flüssigen Cylinders, der zwischen zwei Ringen schwebt, führt nicht zur Beantwortung dieser Frage, indem die Constante *m*, welche die Spannung der Oberfläche bezeichnet, in der Gleichung, welche die Form jenes flüssigen Körpers bedingt, gar nicht enthalten ist. Zwei Beobachtungen, die ich zu diesem Zwecke mit Wasser und Rüböl und mit Quecksilber und Wasser anstellte, ergaben sehr abweichende Resultate, die sich durch die Verschiedenheit der specifischen Gewichte allein nicht erklären lassen, vielmehr eine weit stärkere gegenseitige Annäherung und Einwirkung zwischen den beiden ersten, als den beiden letzten Flüssigkeiten zu beweisen scheinen. Nichts desto weniger stimmten die Beobachtungen doch darin überein, dafs eine Verminderung der Spannung jedesmal eintrat.

Die Messungen wurden mit dem Apparate ausgeführt, den ich früher (Abhandlungen der Academie der Wissenschaften 1845 S. 71 [1])) beschrieben habe. Zunächst mafs ich die Erhebung oder Senkung der schwereren Flüssigkeit zwischen zwei in einem Glaskästchen parallel und vertical aufgestellten Planscheiben von Thonschiefer, die jedesmal mit Wasser geträukt waren, also vom Wasser, aber nicht vom Oel und Quecksilber benetzt wurden. Während die schwerere Flüssigkeit im Kästchen blieb, gofs ich alsdann die leichtere darüber, so dafs von dieser die Planscheiben vollständig überdeckt wurden, und wiederholte die Messung an der gemeinschaftlichen Oberfläche.

Bei der ersten Beobachtung, die sich auf Brunnen-Wasser und Rüböl bezog, betrug der Abstand beider Scheiben von einander 0,1003 Rheinländische Zoll. Das Wasser erhob sich dazwischen vor der Ueberdeckung mit Oel 0,1275 Zoll, unmittelbar nach dem Zugiefsen des Oeles 0,3803 Zoll. Es senkte sich indessen sehr schnell, so dafs die Erhebung nach 10 Minuten nur noch 0,2908 Zoll betrug. Dagegen beobachtete ich die Erhebung des Oeles zwischen densel-

1) Annal. Bd. 67, S. 1.

ben Scheiben, nachdem sie vollständig ausgetrocknet und mit Oel benetzt waren, zu 0,0953 Zoll. Der Cubikzoll des Wassers wog 1,222 Loth, des Oeles 1,116 Loth; bei der Eintauchung in Oel wog daher der Cubikzoll Wasser nur 0,106 Loth.

Hieraus ergiebt sich die Spannung eines 1 Zoll breiten Streifen der Oberfläche des Wassers gleich 0,00843 Loth, des Oeles 0,00606 Loth. Die Spannung der gemeinschaftlichen Oberfläche beider müfste also, wenn keine gegenseitige Einwirkung statt gefunden hätte, gleich 0,01449 Loth betragen: nach der Messung war sie aber Anfangs nur 0,00209 und später sogar nur 0,00161 Loth. Bei der starken Adhäsion des Oeles benetzte dasselbe wahrscheinlich sehr bald in gewissem Grade die Scheiben, an welchen in der That, als ich sie herauszog, hin und wieder einzelne Oeltröpfchen hafteten. Die spätere Beobachtung dürfte daher weniger zu berücksichtigen seyn. Es ergiebt sich aber schon aus der ersten, dafs die Spannung unmittelbar nach dem Hinzugiefsen des Oeles sich ungefähr auf den siebenten Theil ihres ganzen Werthes reducirte.

Bei der andern Messung, die in allen Theilen mit grofser Schärfe ausgeführt werden konnte, indem eine Aenderung nicht bemerkt und die Berührung der Nadelspitze sehr deutlich wahrgenommen wurde, betrug der Abstand der Scheiben, bei etwas veränderter Aufstellung derselben, genau 0,1000 Zoll. Das Quecksilber zeigte bei zehnfacher Wiederholung der Messung im Mittel eine Senkung von 0,0589 Zoll, und nach der Ueberdeckung mit Wasser im Mittel aus eben so vielen Beobachtungen eine Senkung von 0,0690 Zoll. Der Cubikzoll Quecksilber wog in der Luft 16,577 Luft und unter Brunnenwasser 15,355 Loth. Hieraus ergiebt sich die Spannung eines 1 Zoll breiten Streifen seiner Oberfläche gleich 0,05648 Loth. Ein gleicher Streifen der gemeinschaftlichen Oberfläche von Quecksilber und Wasser sollte daher eine Spannung von 0,06491 Loth haben: dieselbe betrug aber nur 0,06015 Loth. Es trat daher auch hier ein Verlust ein, der jedoch so geringe war,

dafs die gemeinschaftliche Oberfläche noch etwas stärker gespannt blieb, als die des Quecksilbers vor dem Zugiefsen des Wassers war.

VII. *Ueber die Gränze der Stabilität eines flüssigen Cylinders; von J. Plateau.*

In den Paragraphen 38 und 46 der *zweiten Reihe* meiner *experimentellen und theoretischen Untersuchungen über die Gleichgewichtsfiguren einer flüssigen Masse ohne Schwere* [1]) weise ich theoretisch nach, dafs der Cylinder zu den Figuren des einer unschweren flüssigen Masse zukommenden Umdrehungs-Gleichgewichts gehört, und nachdem ich die Versuche beigebracht, mittelst deren ich diese Gattung von flüssigen Figuren verwirklichte, zeige ich, von diesen Versuchen ausgehend, dafs der flüssige Cylinder nur dann stabil ist, wenn das Verhältnifs zwischen seiner Länge und seinem Durchmesser nicht über eine gewisse Gränze hinausgeht, deren Werth zwischen 3,0 und 3,6 liegt.

In einer der Berliner Academie vorgelegten Notiz [2]) sucht Hr. Hagen diese Gränze theoretisch zu bestimmen, und er findet für ihren Werth die Gröfse $2^{\frac{3}{2}} = 2,8284$ d. h. einen Werth, der beträchtlich unter dem kleinsten der beiden Zahlen liegt, zwischen welchen nach meinen Versuchen dieselbe Gränze liegen mufs. Da Hrn. Hagen's Resultat die Zulässigkeit meiner Folgerung und die Tragweite der ihr zum Grunde liegenden Versuche zu verringern scheint, so glaube ich hier zeigen zu müssen, worin sich Hr. Hagen geirrt, obwohl ich mir die theoretischen Entwicklungen, in

1) *Mém. de l'acad. de Bruxelles, T. XXIII*, (die möglichst bald mitgetheilt werden wird. P.)

2) Siehe den vorhergehenden Aufsatz.

Betreff der Stabilitätsgränze des Cylinders, der dritten Reihe meiner Arbeit vorbehalten mufs.

Zuvörderst mufs ich bemerken, dafs Hr. Hagen eins meiner Resultate nicht richtig anführt [1]). Nach diesem Gelehrten soll ich gesagt haben, dafs meine Cylinder „sich noch stabil zeigten, wenn ihre Länge 3 bis 3,6 Mal gröfser war als ihr Durchmesser“. Nun aber zeigen die in meiner Abhandlung angeführten Versuche, dafs die Stabilität dieser Cylinder noch für das Verhältnifs 3 existirt und für das Verhältnifs 3,6 nicht mehr existirt, allein sie zeigen nichts für die dazwischen liegenden Verhältnisse, und es ergiebt sich daraus blofs der Schlufs, dafs der genaue Werth der Stabilitätsgränze zwischen den Zahlen 3 und 3,6 liegt, d. h. gröfser ist als die erste und kleiner als die zweite.

Nach Berichtigung dieses ersten Punktes schreite ich zu der von Hrn. Hagen angewandten theoretischen Methode. Sobald die Umwandlung des Cylinders beginnt, hat die geschlängelte Curve, welche die Meridianlinie der Figur ausmacht, nothwendig höchst schwache Krümmungen. Davon ausgehend, nimmt Hr. Hagen an, dafs jeder der convexen und concaven Theile dieser Curve als ein sehr kleiner Bogen anzusehen sey, „dessen Krümmungshalbmesser dem Radius des Kreises gleich ist, der seinen Scheitel und seine beiden Endpunkte trifft“. Den so erhaltenen Krümmungsradius gebraucht er alsdann, um die Drucke zu bestimmen, welche die Flüssigkeit an den respectiven Mitten einer Anschwellung und einer Einschnürung auf sich selbst ausübt, und um zum Werth der Stabilitätsgränze durch die Betrachtung zu gelangen, dafs der Unterschied obiger beiden Drucke diesseits dieser Gränze positiv und jenseits negativ seyn mufs. Allein die Voraussetzung des Hrn. Hagen in Betreff des Krümmungsradius ist keinesweges erlaubt, wie ich sogleich zeigen werde.

Mit Recht betrachtet Hr. Hagen die abwechselnd con-

1) Doch sicher, wie auch Hr. Plateau zugeben wird, nicht mit Absicht. P.

vexen und concaven Axen der Curve als vollkommen symmetrisch (congruent). Allein daraus leuchtet ein, dafs die Curve eine grofse Analogie mit der Sinusoïde haben mufs. Wenn man nun in der Rechnung des Hrn. Hagen den von ihm angewandten Krümmungsradius ersetzt durch den des Scheitels von Bögen einer Sinusoïde, so findet man, als Werth der Stabilitätsgränze, die Gröfse π, d. h. das Verhältnifs des Umfangs zum Durchmesser, nämlich 3,1416. Dieser Werth weicht beträchtlich von dem des Hrn. Hagen ab, und mufs *a priori*, nach der Form der Curve, für genauer gehalten werden.

Nun mufs ich sagen, dafs auch ich mich schon seit lange mit der theoretischen Untersuchung der Stabilitätsgränze beschäftigt, und mittelst einer strengen Methode wirklich als genauen Werth dieser Gränze die Gröfse π gefunden habe. Dieser Werth liegt aber zwischen 3 und 3,6, und nimmt also den Platz ein, welchen ihm meine Versuche bezeichnet hatten. Wie schon oben gesagt, werde ich meine Methode in der dritten Reihe meiner Arbeit auseinandersetzen.

Die Unrichtigkeit der Voraussetzung des Hrn. Hagen hat folgenden Grund. Sobald die Umwandlung beginnt und demzufolge die von der Generatrix des ursprünglichen Cylinders auf der geschlängelten Curve aufgefangenen Bögen nur noch ungemein schwache Krümmungen besitzen, wird der osculirende Kreis des Scheitels eines von ihnen einen äufserst grofsen Radius haben, und folglich der Bogen dieses selben von obiger Generatrix aufgefangenen Kreises einen sehr geringen Theil der gesammten Circumferenz ausmachen. Daraus folgt, dafs der erwähnte Bogen in seiner ganzen Erstreckung sich ungemein wenig von dem der Curve entfernen wird. Es scheint also auf dem ersten Blick, als könne man wie Hr. Hagen diesen Kreis mit Fug als denjenigen betrachten, der durch den Scheitel und die beiden Enden des Bogens geht. Allein wenn man erwägt, dafs der Bogen dieser Curve und der des wahren Osculationskreises, beide, die Generatrix des Cylinders unter sehr

spitzen Winkeln treffen, so begreift man, dafs, ungeachtet der grofsen Annäherung dieser Bögen, ihre respectiven an einer selben Seite des Scheitels liegenden Enden einen sehr merklichen Abstand von einander haben können. Um die Sache durch ein analoges, obwohl übertriebenes Beispiel klarer zu machen, betrachte man zwei Grade, die einander parallel und aufserordentlich nahe sind. Wie grofs diese Nähe auch sey, so ist klar, dafs wenn man die beiden Geraden durch eine dritte, zu ihnen schiefe, schneidet, die beiden Durchschnittspunkte sehr weit von einander abstehen können. Man sieht also, dafs bei unserer geschlängelten Curve, die Sehne des wahren Osculationskreises sehr von der des Curvenbogens abweichen kann, und dafs folglich, wenn man, wie Hr. Hagen es thut, zum Krümmungsradius des Scheitels dieses letzteren Bogens den Radius des Kreises nimmt, der durch diesen Scheitel und die beiden Enden dieses Bogens geht, einem sehr beträchtlichen Fehler ausgesetzt ist. Mithin könnte Hrn. Hagen's Methode nur zu einem mehr oder weniger angenäherten, aber nicht zum richtigen Resultate führen.

Es giebt noch einen Punkt, über welchen ich nicht mit Hrn. Hagen übereinstimmen kann, nämlich die Erklärung, welche Derselbe in der angeführten Notiz von der grofsen Länge der Stücke liefert, in welche meine Quecksilbercylinder zerfallen. Ich werde mich indefs hier nicht über diesen Gegenstand verbreiten, da sich die Aufgabe ausführlich in meiner Abhandlung behandelt findet.

VIII. *Versuche, um zu erfahren, ob das Wasser beim Maximum seiner Dichte oder nahe bei seinem Gefrierpunkte eine Wirkung auf polarisirtes Licht ausübe; von Biot.*

(*Compt. rend. T. XXX. p.* 281.)

Seit die Einwirkung gewisser Flüssigkeiten auf polarisirtes Licht bekannt ist, habe ich nachzusehen gesucht, ob nicht das Wasser eine derartige Wirkung zeige, wenn es beim Erkalten den Gang seiner Erkaltung umkehrt oder wenn es zu Erstarren strebt. Da ich aber unter diesen Umständen keine Wirkung fand, so blieb ich bei dieser negativen Thatsache stehen, ohne mich mit derselben weiter zu befassen und ohne deren Erwähnung für nöthig zu halten. Allein im abgewichenen Sommer sagte mir ein sehr ausgezeichneter englischer Gelehrter, daſs Londoner Physiker beim Maximum der Contraction merkliche Polarisations-Effecte wahrgenommen hätten, und dieſs veranlaſste mich meine Versuche im letztern Winter wieder vorzunehmen.

Die Frage ist nicht so leicht zu entscheiden, wie man wohl im ersten Augenblick glauben könnte. Zunächst ist eine negative Thatsache viel schwerer festzustellen als eine positive, und überdieſs, wenn man über die Natur der Erscheinungen, welche muthmaſslich in beiden Fällen auftreten könnten, nachdenkt, so begreift man, daſs sie sich unter gewissen sehr zarten Umständen einstellen könnten, bei deren Abwesenheit aber man sie nicht sähe. In der That ist es kaum vorauszusetzen, daſs die Wassertheilchen bei 0° oder 4° eine individuelle Drehungs-Eigenschaft ausüben, wenn sie nicht auch bei jeder andern, etwas höheren Temperatur davon eine Anzeige gäben. Allein bei dem sonderbaren Uebergang von Zusammenziehung in Ausdehnung, so wie beim Herannahen der Gestarrung wäre es nicht auſser Wahrscheinlichkeit, daſs die Theilchen einer Wassermasse sich nach gewissen polaren Richtungen gegen

einander drehten. Wenn nun diese innerliche Bewegung in der ganzen Masse mit Stetigkeit und Regelmäfsigkeit geschähe, so könnte sie wohl fähig werden, nach Art der rasch abgekühlten oder zusammengeprefsten Gläser auf das polarisirte Licht einzuwirken. Hiernach wird man nur erwarten dürfen, sie zu beobachten bei ziemlich beträchtlichen Wassermassen, die ihre Temperatur sehr langsam ändern und vor aller äufseren Erschütterung, welche die freiwillige Anordnung ihrer Theilchen stören könnte, geschützt würden. Es wird auch nothwendig seyn, dafs der Polarisations-Apparat, welcher die mit Wasser gefüllten Röhren enthält, vollkommen standfest sey während der ganzen Dauer des Versuchs; denn die relative Verschiebung der Stücke, welche derselbe enthält, um die Reflexions-Ebene und den Hauptschnitt des zerlegenden Prisma in die verschiedenen respectiven Lagen zu versetzen, bewirken in dem durchgehenden Lichte Verdoppelungen der Bilder, welche von der eingeschalteten Wassermasse hervorgebracht erscheinen könnten, während sie in Wirklichkeit blofs von den Störungen des Apparats herrührten. Diese letzte Bedingung der absoluten Festigkeit würde nicht zu erreichen seyn bei der gewöhnlichen Construction, wo das reflectirende Glas und das zerlegende Prisma von Metallstiften getragen werden, die gesondert in einer und derselben Holztafel stecken. Denn da diese Verknüpfung verschiedenartiger Substanzen bei Aenderungen der Temperatur und des Feuchtigkeitszustandes der Luft ungleiche Einwirkungen erleidet, so ist man oft genöthigt, das Zusammenfallen der Polarisationsebene mit dem Hauptschnitt des Prisma zu berichtigen, und wenn man diese Vorsicht vernachlässigt, so ist man durch die Verrückung des Nullpunktes des Apparats sehr beträchtlichen Fehlern ausgesetzt, zuweilen schon von einem Tag zum andern, und um so mehr bei Versuchen von sehr langer Dauer. Dieser Uebelstand ist nicht mehr vorhanden bei einem ganz metallenen Apparat, den Hr. Bianchi im vorigen Jahr für mich verfertigt hat, und ich neben dem alten in einem Zim-

mer des *College de France* aufgestellt habe. Denn da alle Theile, welche einander entsprechen müssen, fest an einem starken Metallstab angebracht sind, so bleiben ihre relativen Lagen, einmal geregelt, vom Winter in den Sommer und umgekehrt vollkommen unverrückt, selbst bei anhaltender Prüfung mit einer doppeltdrehenden Platte von der empfindlichsten Construction [1]).

Mit diesem vervollkommneten Apparat habe ich den Versuch angestellt, von dem ich jetzt die Academie unterhalten will, und ich glaube nicht, dafs er, mit hinreichender Sicherheit, anders anzustellen sey. Die übrigen Bedingungen, deren Nothwendigkeit ich bezeichnet habe, waren erfüllt, wie ich sogleich angeben werde.

Das Beobachtungsrohr hat 502 Mllm. Länge und 37 Mllm. inneren Durchmesser. Es fafst also 536 Cubikcentimeter, wodurch die dasselbe füllende Wassermenge grofs genug wird, um von Temperatur-Veränderungen nur langsam ergriffen zu werden. Es ist inwendig ganz versilbert, so dafs das Wasser darin beliebig lang verweilen kann, ohne im Geringsten von Oxydation beschmutzt zu werden. Die mittlere Temperatur dieses Wassers wird in jedem Augenblick durch ein Thermometer angegeben, dessen cylindrischer Behälter gleiche Länge wie die Röhre besitzt, und dessen herausragender Stiel rechtwinklig gebogen ist, damit der Beobachter die mit Diamant aufgetragenen Centesimalgrade leicht sehen könne. Der in der Röhre steckende Behälter geht durch ein kreisrundes Loch *I* (Fig. 11 Taf. IV) in der metallenen Fassung auf Seite des Auges, und wird inwendig gehalten durch ein kleines Silberrohr *TT* von gleichem oder wenig gröfserem Durchmesser als der seine.

1) Diese Platte, von Hrn. Soleil construirt, ist 3,745 Mllm. dick. Diefs ist das erste Glied der Reihe von aequidistanten Dicken, welche diesen Systemen von entgegengesetzten Drehungen zukommt, um die Uebergangsfarbe hervorzubringen, und dieses erste ist weit empfindlicher als alle folgenden. Für das weitere Detail sehe man die Analyse ihrer optischen Eigenschaften in dem *Compt. rend. de l'Acad.* (*T. XXI. p.* 452) und in meiner Abhandlung über die lichtdrehenden Eigenschaften des Bergkrystalls (*Mém. de l'Acad. T. XX. p.* 423).

Wenn er eingesteckt ist, verschliefst man das Loch durch einen zweckmäfsigen Kitt. Dieselbe Fassung hat ein zweites Loch *i*, woran auswendig ein kleines Silberrohr *tt* angebracht ist. Darin befindet sich eingekittet ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr, das sich oben zu einem Gefäfse *VV* erweitert und durch einen Stöpsel *B* verschlossen ist. Dieses Rohr ist bestimmt, den Ueberschufs des Wassers aufzunehmen, wenn es sich ausdehnt, und das Fehlende zu ergänzen, wenn es sich zusammenzieht. So vorgerichtet wird die Metallröhre in die gleichfalls metallene Rinne gelegt, die in Richtung des durchgehenden Lichtstrahls, im Polarisationsapparat befestigt ist, und eine solche Convexität hat, dafs dieser Strahl längs ihrer Axe selbst durch die Röhre geht, wenn sie hineingelegt ist. Nur habe ich zu bemerken, dafs, beim Experimentiren, das Ausflufsgefäfs und der Thermometerstiel nicht in Einer Verticalebene liegen, wie in der Figur angegeben ist, um sie gesondert zu zeigen, sondern dafs sie von der Gesichtslinie *RO* abweichen, das erstere rechts, der andere links vom Beobachter, so dafs die Linie *Ii*, welche die beiden Durchschnittspunkte enthält, horizontal ist, wodurch die Lichtstrahlen ungehindert durch das Centrum der Endgläser *GG* gehen. Der Nullpunkt des Polarisationsapparats ist zuvor geregelt durch eine doppeltdrehende Platte, welche während des ganzen Versuchs in der Bahn des Lichtstrahls befestigt bleibt; und wenn man sonach die Beobachtung beginnt bei einer beträchtlich höheren Temperatur als der, bei welcher man die Effecte speciell studiren will, z. B. bei 11 oder 12° C., so erkennt man, dafs dabei die eingeschaltete Wassermasse die Polarisationsebene der durchgelassenen Strahlen nicht wahrnehmbar ablenkt. Kaum habe ich nöthig zu sagen, dafs der Nullpunkt des Thermometers nicht vor, sondern nach dem es gekrümmt worden, bestimmt werden mufs, und dafs, wegen seiner ungewöhnlichen Form, diese Bestimmung lange nach seiner Anfertigung, oder besser noch, sogleich wie man sich desselben bedient, vorgenommen werden mufs.

Der mit allen so eben beschriebenen Vorsichtsmafsregeln angestellte Versuch wurde am 16. Oct. 1849 bei 11°,5 Temperatur des innern Wassers begonnen und bis zum 19 Febr. dieses Jahres fortgesetzt. An jenem ersten Tage wurde das mit Wasser gefüllte Rohr an dem in einem schwarzen Kasten (*cabinet noir*) stehenden Polarisations-Apparat befestigt und blieb so die ganze Zeit hindurch unverrückt. Der Kasten selbst stand gegen Mittag in einem kleinen von Niemand betretenen Zimmer, dessen Fenster Tag und Nacht offen blieb. Ich selbst trat nur ein, um das Thermometer und den Zustand des durchgelassenen Lichtes mittelst der doppeltdrehenden Platte zu beobachten. Diefs geschah an jedem Tage zu bestimmten Stunden, und auch mehrmals an einem selben Tage, wann die Temperatur des Wassers sich den kritischen Punkten näherte, bei denen man besonders die Polarisations-Effecte studiren wollte. Am Schlufse dieser Note werde ich die Zahlenwerthe aller meiner Beobachtungen geben, hier will ich nur die Resultate anführen.

Die während dieses ganzen Winters nur beschränkten und durch die Umstände, unter welchen ich operirte, noch verminderten Veränderungen der Lufttemperatur bewirkten, dafs sich der thermometrische Zustand der in der Röhre enthaltenen Wassermasse nur äufserst langsam änderte und sich besonders sehr lange innerhalb der Gränzen hielt, wo ich ein näheres Interesse hatte, denselben zu verfolgen. So z. B. schwankte die Temperatur dieser Masse vom 23. November bis zum 1. Februar zwischen + 6°,3 und — 2°,2. Bei dieser letzten Temperatur, die am 23. Jan. eintrat, sah ich eine fast gleiche Wassermasse, die ich, mit einem Thermometer darin, in einer offenen Eprouvette auf den Tisch des Apparates gestellt hatte, plötzlich zu einer festen Eismasse gestehen, als sie leicht erschüttert wurde. Allein da ich sehr darauf achtete, weder meiner Röhre noch dem sie tragenden Apparat die leiseste Bewegung mitzutheilen, so hielt sich das Wasser bei — 2°,3 flüssig, wodurch eine der Bedingungen, die ich am meisten zu verwirklichen wünschte,

erfüllt würde. Allein weder an diesem Tage, noch an einem der andern, an welchen die Temperatur sich so oft in der Nähe der beiden kristischen Punkte +4° und 0° erhielt, zeigte die doppeltbrechende Platte irgend eine Spur von polarisirender Wirkung auf das durchgehende Licht. Nach der Länge der Zeit, während welcher ich diese Effecte verfolgte, so wie nach allen Vorsichtsmafsregeln, die ich getroffen, um sie, wenn sie entständen, sichtbar zu machen, glaube ich zu dem Schlusse berechtigt zu seyn, dafs das destillirte Wasser weder in der Nähe seines Contractionsmaximums noch bei seinem Erstarrungspunkt irgend eine wahrnehmbare Wirkung auf das polarisirende Licht ausübt.

(Wegen dieses negativen Resultats glauben wir auch die nun vom Hrn. Verf. mitgetheilten Zahlenwerthe fortlassen zu dürfen). P.

IX. *Entgegnung auf die Bemerkung des Hrn. Riefs; von K. W. Knochenhauer.*

Wenn meine Ansichten über die Elektricität bei andern Physikern keine Anerkennung finden, so kann ich das wohl bedauern, ohne mich jedoch weiter darüber zu beklagen, wenn aber der abweichenden Ansichten wegen die von mir angestellten Versuche verdächtigt werden, als wären sie verwickelt und willkührlich gedeutet, so glaube ich es der Wahrheit schuldig zu seyn, mich dagegen auszusprechen.

Die Versuche, die Hr. Riefs Bd. 80, S. 351, S. 353 am Ende und S. 357 anführt, sind genau in derselben Zusammensetzung des Apparats angestellt worden, wie ich dergleichen Bd. 79, S. 354 mitgetheilt habe. Lasse ich also aus meinen Formeln sämmtliche kleine Correctionen fort und übersehe die Ungleichheit der Flaschen, so müssen sich

nach ihnen die von Hrn. Riefs S. 257 beobachteten Erwärmungen wie 1:2:3:4 verhalten, sofern der Widerstand in der Kette derselbe geblieben ist. Da sich aber nach den Beobachtungen selbst, verglichen mit S. 353, die Schlagweiten von 0,8 bis 5,0 Linien änderten, so stieg der Widerstand (vergl. Bd. 79, S. 365 mit Bd. 78, S. 52) von 1,06 : 1,16 : 1,34 = 1,60 und die Erwärmungen können sich nur wie 1 : 1,86 : 2,36 : 2,65 verhalten, wofür Hr. Riefs 1: 1,7 : 2,0 : 2,9 beobachtet hat. Die Differenzen mögen theils in der Ungleichheit der Flaschen liegen, theils in der Bestimmung des Luftwiderstandes, über den ich im vorliegenden Falle nach Bd. 79, S. 365 noch kein ganz sicheres Urtheil habe, jedenfalls sind sie der Art, dafs ich meine Beobachtungen den neuen des Hrn. Riefs ohne Bedenken gegenübersetze.

Ferner giebt Hr. Riefs S. 353 die Schlagweiten (bis auf $\frac{1}{10}$ Linien) zu 0,4 — 1,0 — 1,7 — 2,55 Linien an, für die ich die Spannungs-Differenzen 11,25 bis 13,25 (wegen der $\frac{1}{10}$ Linie.) — 23,25 bis 25,25 — 37,25 bis 39,25 — 54,25 bis 56,25 berechne; sie sollen nach meiner Formel im Verhältnifs von 1:2:3:4 stehen, geben mir also wiederum mit Rücksicht auf die genauere Weise, wie ich meine Versuche angestellt zu haben glaube, keinen hinreichenden Grund, die von mir aufgestellte Formel zurückzuziehen. Endlich führt Hr. Riefs folgende zwei Reihen von beobachteten Erwärmungen an: 24,9 — 18,2 — 17,1 — 16,3 und 24,0 — 18,2 — 16,5 — 15,7, deren gegenseitiges Verhältnifs nach meiner Formel, wenn die einzelnen Flaschen einander gleich sind, $2 : 1\frac{1}{2} : 1\frac{1}{3} : 1\frac{1}{4}$ oder 24 : 18 : 16 : 15 ist; da hier der Widerstand der Luft der Reihe nach etwas geringer wird und demnach die letzten beobachteten Zahlen im Vergleich zu den ersten gröfser ausfallen müssen, so finde ich abermals keinen Grund, die von mir zur Aufstellung der Formel benutzten Beobachtungen zu verwerfen. Ich weifs überhaupt nicht, warum Hr. Riefs nicht lieber unumwunden sagt, dafs ich aus gleichen Beobachtungen von ihm abweichende Resultate ziehe, einmal weil ich in der vom Fun-

Funken durchbrochenen Luftschicht einen Widerstand annehme, denn weil ich die Spannungs-Differenzen nicht, wie er, der Distanz der Kugeln am Funkenmesser proportional ansetze? Sollen denn die Beobachtungen büfsen, was die Berechnung verschuldet? [1])

X. *Ueber den Leuchtenbergit;*
von August Breithaupt.

Alle mir bis jetzt zu Gesicht gekommenen Abänderungen des *Leuchtenbergits*, sind nicht im ursprünglich frischen, sondern im weniger oder mehr verwitterten Zustande. Diefs geht besonders aus dem Umstande hervor, dafs, wenn man die Lamellen zerbricht, auf dem dichten Bruche nicht der geringste Glanz mehr wahrzunehmen ist, während solcher bei allen frischen Mineralien aus der Ordnung der Glimmer, welche in den dünnen Lamellen überhaupt nur mehr zerrissen als zerbrochen werden können, deutlich existirt. Die Stücke der Freiberger Sammlung zeigen unverkennbar verschiedene Grade des Verwittertseyns, und solche Grade dürften auch durch die chemischen Analysen bestätigt seyn, denn indem Hr. Komonen den Wassergehalt 8,62 Proc. fand, giebt Hr. Hermann denselben zu 12,5 Proc. an. Dessenungeachtet bleibt es sehr wahrscheinlich, dafs ein frischer Leuchtenbergit existire und dafs solcher ein selbstständiges Mineral sey.

Von dem *Ripidolith* von Schwarzenstein in Tyrol will ich noch anführen, dafs hier ein Exemplar existirt, welches, mit Beibehaltung der Krystallisation, in einen *serpentinähnlichen Körper* umgewandelt ist, während der Pyroxen, welcher jenem als Unterlage dient, ganz frisch geblieben.

1) Hr. Riefs hat nicht die Richtigkeit der Messungen bestritten, sondern nur ausgesprochen, dafs die Aufgabe, um die es sich handelte, eine unbestimmte sey. P.

XI. *Ueber Höhenbestimmungen durch den Siedpunkt des Wassers.*

Hr. Wisse hat in der Provinz Quito über den Siedpunkt des Wassers in verschiedenen Höhen, verglichen mit dem Barometerstande, eine beträchtliche Reihe von Beobachtungen gemacht, die in den *Annal. de chim. et de phys. Sér. III. T. XXVIII. p.* 118 ausführlich mitgetheilt werden. Sie sind mit grofser Sorgfalt angestellt und die dazu verwandten Thermometer waren vorher im Laboratorium des *Collége de France* aufs strengste berichtigt. Es ist also interessant, sagt Hr. Regnault (*Ib. p.* 123) diese Beobachtungen zu vergleichen mit den Zahlen der früher von mir gegebenen Tafel, die aus directen Versuchen über die Spannkraft des Wassers hergeleitet ist [1]). Ich habe diesen Vergleich mit einigen, aufs Gerathewohl aus Hr. Wisse's Beobachtungen genommenen Zahlen ausgeführt und gebe ihn in folgender Tafel. Die Uebereinstimmung ist so vollkommen als man es nur wünschen kann, zumal Hr. Wisse mit meiner Tafel nicht bekannt ist [2]).

Zeit.	Ort.	Siedpunkt C°.	Barometer, beobachtet von Hrn. W.	Spannkraft, berechnet nach der Tafel.	Unterschied.
		0	mm	mm	mm
1817 Febr. 28	Guayaquil	99,70	752,10	751,87	+0,23
1845 Apr. 12	Chorrerita	97,96	706,86	706,24	+0,62
1845 Apr. 11	Penita	97,69	698,50	699,36	— 0,86
1847 Aug. 3	Mindo	95,93	656,26	655,85	+0,41
1817 Aug. 21	Mindo	96,00	657,40	657,54	— 0,14
1845 März 31	Ibarra	92,96	587,14	587,53	— 0,39
1848 Apr. 20	Quito	90,95	545,15	544,75	+0,40
1849 Mai 26	Quito	90,91	544,18	543,93	+0,25
1849 Mai 16	El. Corral	88,53	496,87	496,72	+0,15
1845 Jan. 15	Pichincha	85,16	435,81	435,78	+0,03
1849 Mai 15	dito Gipfel	84,83	430,29	430,15	+0,14

1) *Annal. de chim. et de phys. Sér. III. T. XIV. p.* 206.

2) Wie es scheint ist indefs bei diesem Vergleich die Berichtigung wegen der Schwere unterlassen, obwohl sie für einen Breiten-Unterschied wie der zwischen Paris und dem Aequator nicht ganz unbeträchtlich ist. P.

XII. *Notizen über Höhenmessungen mit dem Barometer; vom Academiker Kupffer.*

(Aus dem *Bulletin de la Classe phys. math. de l'acad. de St. Petersb. T. VIII.*)

Regnault hat durch seine Untersuchungen über den Druck des Wasserdampfs der Methode, die Höhen der Berge durch den Kochpunkt zu bestimmen, eine solche Sicherheit gegeben, dafs wohl bald der transportable Kochpunktapparat das zerbrechliche Barometer auf allen Reisen verdrängen wird, wo man nicht anders als zu Pferde fortkommen kann. Es wird deshalb gewifs Manchem willkommen seyn, hier eine Formel zu finden, nach welcher solche Beobachtungen mit grofser Leichtigkeit berechnet werden können.

Die Höhenunterschiede verhalten sich wie die Unterschiede der Logarithmen der Barometerhöhen. Dasselbe Verhältnifs hat nahezu auch zwischen den Temperatur-Unterschieden und den Druckhöhen des Wasserdampfes statt; die Höhenunterschiede müssen sich aber nahezu wie die Temperatur-Unterschiede verhalten.

Es sey t die Temperatur, in Centesimalgraden ausgedrückt, aber nicht von 0° hinauf, sondern von 100° hinab gezählt, und z die Höhe des Standpunkts über demjenigen Punkt, wo der Kochpunkt des Wassers 100° ist, oder wo die Barometerhöhe auf 0° reducirt, = 760 Millm. ist, so hat man ziemlich nahe, wenn die Höhe nicht 150 Meter übersteigt

$$z = 300\ t.$$

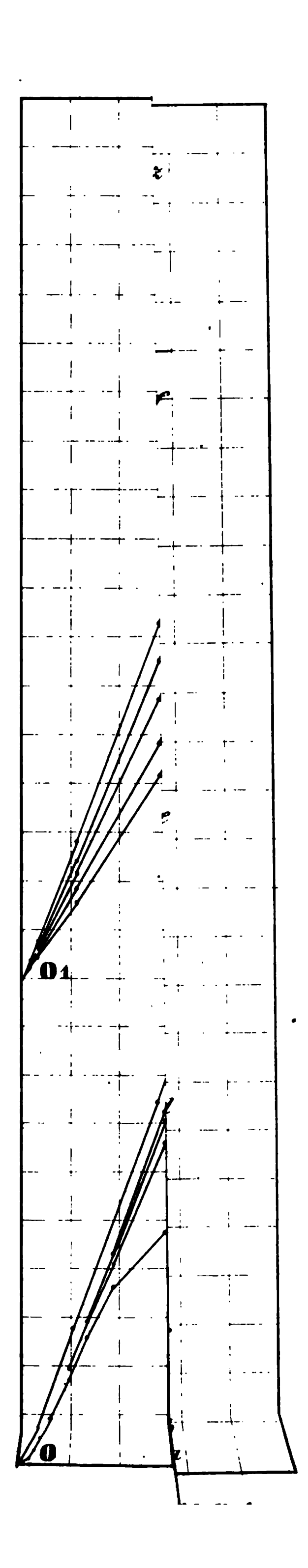
Dabei ist die mittlere Temperatur der Luft zu 9°,3 angenommen, die Barometerhöhen aber sind auf 0° reducirt worden. Folgende Tafel zeigt die Uebereinstimmung der empirischen Formel mit der genauen:

t.	Höhe in Metern nach approp. Formel.	Höhe in Metern genau berechnet.	t.	Höhe in Metern nach approp. Formel.	Höhe in Metern genau berechnet.
1	300	295	4	1200	1196
2	600	594	5	1500	1500
3	900	894			

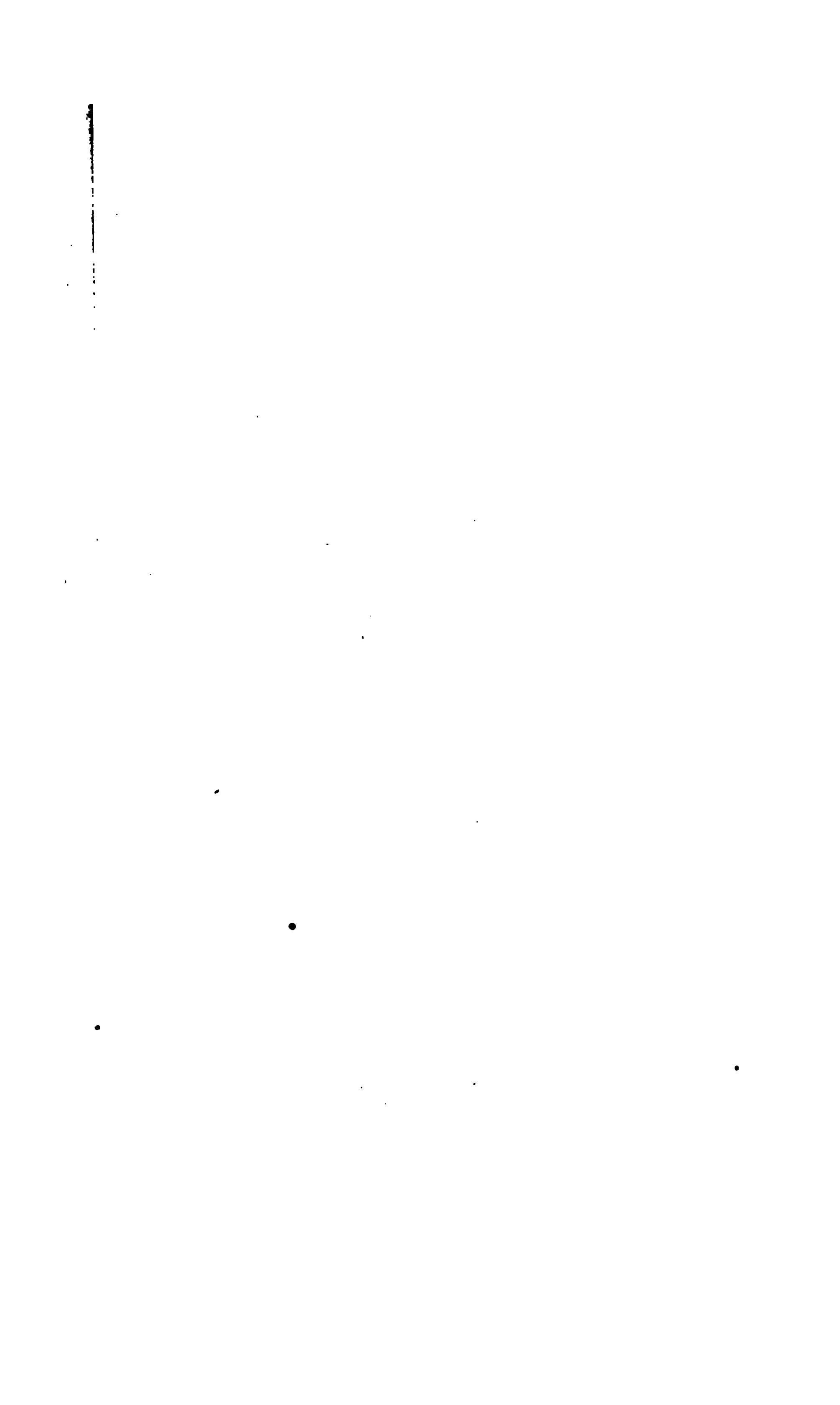
Da, wo der mittlere Barometerstand am Meere 760^{mm} beträgt, sind die berechneten Zahlen die Höhe über der Meeresfläche; wo das nicht der Fall ist, mufs man zu jeder berechneten Höhe eine constante Gröfse hinzufügen, ungefähr 10 Meter für jedes Millimeter, um welches der mittlere Barometerstand gröfser ist als 760 Millm.

Nach der obigen Formel ist es leicht, das Thermometer so zu theilen, dafs es unmittelbar die Höhe des Standpunktes über der Meeresfläche angiebt.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.



O1
O



J s o t

Slam

Bokhara
Winter Mittel

Redutkale
11.21

4.01
1844

12.23 R.

Cent
der
hah

Erzerum
3.16
3838

Siv

irut 10.71
21.20

meteorologische
Mittel.
meteorologische

den Americani
Asien cr.
chen Stationen
Brussa, Tre.
Beirut.

lem 7.82
18.50

16

